# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 9 AVRIL 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture de la lettre suivante, qu'il vient de recevoir de M. le Ministre des Colonies :

« J'ai l'honneur de vous faire connaître que sur l'ordre du Gouverneur général de l'Indo-Chine, le commandant du chalutier sondeur *Astrolabe* a pris officiellement possession, le 16 mars 1923, d'une île nouvellement apparue, à la suite d'une éruption sous-marine, par 10°10′10″, de latitude Nord et 108°59′20″ de longitude Est du méridien de Greenwich, soit 20 milles au sud de l'île de Poulo Cecir de Mer.

La première observation fut faite le 2 mars par le navire japonais, *Wakasa Maru*, qui la signala.

Selon les renseignements reçus par T. S. F. de la Mission hydrographique qui visita les lieux les 15 et 16 mars, cet îlot offre un diamètre de 400$^m$ et une hauteur de 35$^m$. Il est à forme de fer à cheval dont l'ouverture, située au Nord-Est, constitue le cratère. L'activité volcanique est continuelle et se manifeste uniquement dans le cratère par des éruptions fréquentes de terre, de cendres et de vapeurs.

Une mission géologique devant se rendre sous peu sur les lieux afin de compléter ces premières constatations, je ne manquerai pas de vous communiquer ses observations dès qu'elles me parviendront. »

M. A. Lacroix signale l'intérêt que présente la constatation d'une éruption volcanique sur le parallèle du Cap Saint-Jacques. Des coulées basaltiques abondent en Cochinchine, sur les côtes de l'Annam et dans le Cambodge; certaines d'entre elles se sont épanchées dans les vallées actuelles,

elles sont donc récentes, mais aucune tradition, à sa connaissance, n'existe sur des éruptions durant la période historique.

Il est important de voir qu'au voisinage de cette région, l'activité éruptive n'est pas éteinte. Les indications fournies sont trop sommaires pour que l'on puisse insister pour l'instant sur cette éruption, mais il semble bien qu'il s'agisse là de la formation d'un cône de scories basaltiques; à moins d'une éruption d'une grande ampleur, il est vraisemblable que cette île aura l'existence éphémère de l'île Julia, formée en 1831 entre la Sicile et Pantelleria.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le pouvoir ionisant de l'hydrure de lithium fondu.* Note [1] de MM. **A. Guntz** et **Benoit**.

L'hydrure de lithium préparé pour la première fois en 1896 par l'un de nous a été peu étudié : signalons cependant dans ces dernières années les recherches de Moers sur le caractère salin de l'hydrure de lithium et celles de MM. Fritz Ephraïm et Eduard Michel sur la tension de dissociation de ce même composé.

L'étude du mélange fondu homogène de carbure et d'hydrure de lithium, qu'on peut préparer en chauffant le lithium dans l'éthylène gazeux ou en dissolvant le carbure de lithium dans l'hydrure fondu, va nous donner quelques propriétés intéressantes de ce dernier produit.

On peut d'abord se demander à quel état se trouve le carbure de lithium dans l'hydrure fondu. Est-il dissous comme le sucre dans l'eau ou bien se trouve-t-il plus ou moins ionisé, comme le chlorure de sodium dans sa solution aqueuse. Si c'est la deuxième hypothèse qu'il faut adopter, le carbone se comportera comme un ion négatif et sera séparé facilement par le courant électrique de sa combinaison avec le lithium.

Cherchons à vérifier ce résultat. Soumettons à l'action du courant électrique le mélange d'hydrure et de carbure de lithium fondu dans un creuset en fer. Le mélange s'électrolyse et, en même temps qu'un dégagement gazeux à l'anode, il se forme un abondant dépôt de carbone amorphe comme nous l'avons vérifié.

Ce dépôt de carbone peut avoir une double origine; il peut avoir été amené par le courant électrique, mais il peut provenir aussi de la réaction de l'hydrogène provenant de l'électrolyse de l'hydrure de lithium sur le

---

[1] Séance du 3 avril 1923.

carbure.

$$H^2 + Li^2C^2 = 2LiH + C^2.$$

Étudions cette dernière réaction. Quand on chauffe du carbure de lithium pur dans de l'hydrogène au rouge, le carbone est déplacé partiellement et d'autant plus facilement que la pression de l'hydrogène est plus grande. En dessous de 600°, l'hydrogène semble être sans action sensible.

Nous avons donc cherché à produire l'électrolyse de ce carbure en dessous de cette température en employant un solvant de ce composé fondant à basse température.

Nous avions constaté autrefois que le carbure de lithium était décomposable en donnant du charbon, par les chlorures fondus et par le mélange de chlorure de lithium et de potassium. En ajoutant au contraire de l'hydrure de lithium à ces composés, la dissolution du carbure se fait sans décomposition et l'on peut ainsi obtenir un mélange fondant à température relativement basse et facile à étudier.

Les différents composés entrant dans ce mélange ayant des chaleurs de formation très différentes, les forces électromotrices nécessaires à l'électrolyse le sont aussi probablement. Nous avons déterminé le voltage nécessaire pour obtenir à l'anode le dépôt de l'élément électronégatif. Nous avons ainsi trouvé qu'en dessous de 0,1 V. il n'y avait plus de dégagement d'H à l'anode, mais que jusqu'à 0,05 V. il y avait dépôt de carbone à l'anode.

Il semble résulter de ces expériences que tout se passe comme si le carbure de lithium en dissolution était ionisé en ses éléments, carbone + lithium. La force électromotrice minima nécessaire pour produire le dépôt de carbone serait d'environ 0,05 V.

L'expérience montre également que le mélange de chlorure et d'hydrure de lithium dissout sans décomposition le carbure du calcium. De même l'hydrure de calcium fondu, soit pur, soit additionné de son chlorure, dissout également sans décomposition le carbure de calcium et de ce mélange fondu, on peut séparer par électrolyse le carbone à l'anode. Tout se passe comme si les carbures alcalinoterreux solubles dans les hydrures fondus étaient ionisés en leurs éléments

Les azotures de ces mêmes métaux sont également solubles dans les hydrures correspondants et semblent être ionisés également.

Nous comptons revenir bientôt sur ces résultats.

M. L.-E. Bertin fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *Histoire du Netské*.

## NOMINATIONS.

M. A. **Haller** est désigné pour représenter l'Académie, les 7, 8, 9 et 10 juin, à la manifestation solennelle organisée par la *Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, pour célébrer le 122<sup>e</sup> anniversaire de sa fondation, à l'occasion du Centenaire de déclaration d'utilité publique.

MM. **Leclainche**, **E. Gouy** et **Ch. Depéret** sont désignés pour représenter l'Académie à l'inauguration du monument élevé en souvenir de *Saturnin Arloing*, à l'École nationale vétérinaire de Lyon, le 6 mai prochain.

## CORRESPONDANCE.

M. **Emanuele Paterno**, élu Associé étranger, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Abraham-Louis Breguet*, par Paul Marmottan.

2° Ch. Frémont. *Essai mécanique des tubes d'acier.* (Présenté par M. Lecornu.)

ALGÈBRE. — *Généralisation et modifications d'un théorème de Frobenius sur un déterminant troué.* Note de M. **Maurice Lecat.**

Si $r_1 \leqq r_2 \leqq \ldots \leqq r_n \leqq p$ et si la distribution des signances est la même pour tous les déterminants, on a la relation [1]

$$(\mathrm{I}) \quad \Delta_0 = \left| \left( 1 - \prod_{1}^{n} {}^{\nu} \sum_{\rho_\nu=1}^{r_\nu} \delta_{i_\nu, \rho_\nu} \right) \mathfrak{F}(i_1, \ldots, i_n) \right|_p$$

$$= \sum_{\mathrm{R}=0}^{r_1} (-1)^{\mathrm{R}} \sum_{\rho^{(1)}=1}^{r_1} \cdots \sum_{\rho^{(n)}=1}^{r_n} \left| \mathfrak{F}(\rho_{j_1}^{(1)}, \ldots, \rho_{j_n}^{(n)}) \right|_{(j=1,\ldots,\mathrm{R})} \cdot \left| \mathfrak{F}(\varphi_{k_1}^{(1)}, \ldots, \varphi_{k_n}^{(n)}) \right|_{(k=1,\ldots,p-\mathrm{R})},$$

---

[1] Cette relation a été donnée, pour les déterminants ordinaires ($n = 2$), et sa démonstration a été esquissée par G. Frobenius dans son célèbre Mémoire, sur la théorie des formes, intitulé : *Ueber die Elementartheiler der Determinanten* [*Sitzgsb. Akad. Wiss. Berlin*, 1<sup>er</sup> semestre, 1894, p. 31-44 (partic. p. 41-42)

les $n$ suites

$$\rho_1^{(\nu)},\quad \ldots,\quad \rho_R^{(\nu)},\quad \varphi_1^{(\nu)},\quad \ldots,\quad \varphi_{p-R}^{(\nu)}\qquad (\nu = 1, \ldots, n)$$

constituant $n$ permutations des nombres 1, ..., $p$, pourvu que celles où $\nu$ est rang signant soient de même signe.

Un déterminant $\Delta_0$, troué suivant un domaine (à $n$ dimensions) V, rectangulaire et d'arêtes parallèles à celles de la matrice, s'exprime donc à l'aide de la somme des

$$C(r_1, \ldots, r_n) = \sum_{R=0}^{r_1} \prod_{1}^{n} {}^{\nu} \binom{r_\nu}{R}.$$

produits chacun de deux mineurs complémentaires, formés dans la matrice totale pleine M, le premier facteur de chaque produit étant pris dans le domaine V.

Pour démontrer (I), on constate, suivant la méthode de Frobenius, que la dérivée du second membre par rapport à un élément de V est nulle et qu'ainsi cette somme ne dépend pas du contenu de V. Or, si l'on vide ce domaine, les déterminants en $\rho$ s'annulent sauf celui d'ordre o, auquel on attribue la valeur 1, et le déterminant en $\varphi$ qui lui correspond est $\Delta$, ayant pour matrice M.

Constatons que C est indépendant de l'ordre $p$ et que $\Delta_0$ s'évanouit si l'on a la relation $\Sigma r_i > p(n-1)$.

Le développement suivant les mineurs montre que le second membre de (I) est équivalent à la somme [1]

$$\text{(II)}\quad |\mathfrak{F}(i_1, \ldots, i_n)|_p + \sum_{\rho_1=1}^{r_1} (-1)^R \sum_{\lambda=1}^{r_1} \left| \mathfrak{F}(i_1, \ldots, i_n) \left\{ 1 - \sum_{\alpha=1}^{\rho_1} \delta_{i_1, \lambda_\alpha} \left[ 1 - \prod_{2}^{n} {}^{\mu} \left( 1 - \sum_{\theta_\mu = 1 + r_\mu}^{p} \delta_{i_\mu, \theta_\mu} \right) \right] \right\} \right|_p,$$

de $2^{r_1}$ déterminants (où les signances sont les mêmes).

Dans le cas d'un vide s'étendant partout à l'extérieur d'un espace axial E, on a l'égalité

$$\text{(III)}\quad |\mathfrak{F}(i_1, \ldots, i_n)\, \delta_{i_k, \ldots, i_n}|_p = |\mathfrak{F}(i_1, \ldots, i_n)|_p + \sum_{\pi=1}^{p} (-1)^\pi \sum_{t=1}^{p} \left| \mathfrak{F}(i_1, \ldots, i_n) \left\{ 1 - \delta_{i_k, \ldots, i_n} \left[ 1 - \prod_{1}^{\pi} {}^{\alpha} (1 - \delta_{i_m, t_\alpha}) \right] \right\} \right|_p,$$

---

(1) Pour $n = 2$, cf. Th. Muir, *Proc. R. Soc. Edinburgh*, t. 42, 1921-1922, p. 344-345.

qui se démontre en développant les déterminants en fonction de déterminants à espace axial vide ([1]). En langage géométrique, on peut dire qu'en vidant, à l'extérieur d'un espace axial E, un déterminant plein $\Delta$, on lui fait perdre la valeur

$$\text{(IV)} \qquad \Delta - \Delta_0 = \sum_{\pi=1}^{p} (-1)^{\pi-1} \sum_{t=1}^{p} \nabla(t_1, \ldots, t_\pi),$$

$\nabla(t_1, \ldots, t_\pi)$ désignant $\Delta$ où l'on a vidé, au dehors de E, les tranches $t_1, \ldots, t_\pi$ d'une même orientation $m$ arbitraire. Suivant que $m > k$ ou $\leqq k$, le vide de chaque tranche $t$ est respectivement un espace diagonal ou une couche, chacun à $k-1$ dimensions.

Les formules (II) et (III) sont des cas particuliers de la PROPRIÉTÉ GÉNÉRALE suivante : *Si la loi de distribution des signances est partout la même, trouer un déterminant $\Delta$ lui fait perdre la valeur donnée par* (IV), $\nabla(t_1, \ldots, t_\pi)$ *désignant $\Delta$ où les tranches $t_1, \ldots, t_\pi$, d'une même orientation arbitraire, ont été trouées complètement aux tranches correspondantes de $\Delta_0$.*

Si le vide ne s'étend que sur $q$ tranches de l'orientation choisie, le second membre comporte non plus $2^p - 1$, mais $2^q - 1$ déterminants, les autres s'évanouissant.

La relation (III) se généralise encore en la suivante :

$$\begin{aligned} &|[\mathfrak{F}(i_1, \ldots, i_n) - f(i_1, \ldots, i_n)]\, \delta_{i_k, \ldots, i_n}|_p \\ &= |\mathfrak{F}(i_1, \ldots, i_n)|_p + \sum_{\pi=1}^{p} (-1)^{\pi} \sum_{t=1}^{p} \Bigg| \mathfrak{F}(i_1, \ldots, i_n) + [f(i_1, \ldots, i_n) - \mathfrak{F}(i_1, \ldots, i_n)] \\ &\qquad \times \left\{ \delta_{i_k, \ldots, i_n} \left[ 1 - \prod_{1}^{\pi}{}_{\alpha} (1 - \delta_{i_m, t_\alpha}) \right] \right\} \Bigg|_p, \end{aligned}$$

qui signifie ceci : à condition de diminuer de $f(i_1, \ldots, i_n)$ les éléments $\mathfrak{F}(i_1, \ldots, i_n)$ de l'espace axial de $\Delta_0$, les zeros des déterminants $\nabla$ de (IV) peuvent être remplacés par des fonctions $f(i_1, \ldots, i_n)$ arbitraires, si elles sont les mêmes pour tous les $\nabla$ ([2]).

Le développement suivant les mineurs, fondement de la propriété générale, a lieu non seulement pour un déterminant, mais encore pour toute fonction $\psi$ linéaire par rapport aux éléments d'une tranche arbitraire et par

---

([1]) Cf. M. LECAT, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 1185.

([2]) MUIR (*loc. cit.*, § 9, p. 347) signale cette propriété pour le cas très particulier du déterminant ordinaire, $k$ valant 1. Au paragraphe 8, il fait une remarque analogue, mais fausse, pour le vide rectangulaire.

suite définie en appliquant au permanent n'importe quelle règle des signes. Il en résulte que ce qui précède vaut pour les fonctions $\psi$.

GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE. — *Sur certaines propriétés fonctionnelles des coniques et leurs généralisations.* Note de M. **E.-O. Lovett**, présentée par M. Appell.

En lisant les Notes récentes de M. A. Angelesco (¹) et de M. G. Bratu (²), on est conduit à considérer certaines généralisations du problème de M. Angelesco, dans lesquelles on trouve en particulier des applications des progressions polynomiales de M. Bratu.

On propose de déterminer une courbe plane C représentée paramétriquement par les équations $x = f(u)$, $y = \varphi(u)$, et jouissant de la propriété suivante :

$P_j$, $P_l$, $P_r$, $P_t$, $j < l < r < t$, étant quatre points quelconques, ou quatre points choisis suivant des conventions données, de la suite des points $P_i$ ($i = 0, 1, 2, \ldots, n$) sur la courbe C correspondant aux valeurs $u + ih$ du paramètre $u$, et $a_{r,j}$, $a_{j,l}$, $a_{l,t}$, $a_{t,r}$, $a_{r,l}$ étant des constantes indépendantes de $j$, $l$, $r$, $t$, les déterminants indépendants de la matrice

$$(1) \qquad \left\| \begin{matrix} f_j & f_l & f_r & f_t \\ \varphi_j & \varphi_l & \varphi_r & \varphi_t \end{matrix} \right\|, \qquad \psi_i = \psi(u + ih)$$

satisfont à la relation linéaire

$$(2) \qquad L = S a_{p,q} | f_p, \varphi_q | = 0,$$

et cela quels que soient $u$ et $h$.

En désignant par $\psi_0^{(m)}$ la dérivée du $m^{\text{ième}}$ ordre de $\psi$ par rapport à $h$, après avoir fait $h = 0$, et par $\psi^{(m)}$ la dérivée $m^{\text{ième}}$ de $\psi$ par rapport à $u$, en écrivant $l - j = \lambda$, $r - l = \mu$, $t - r = \nu$, on déduit des équations

$$(3) \qquad L_0^{(m)} = 0 \qquad (m = 1, 2, \ldots, 6),$$

---

(¹) A. Angelesco, *Sur une propriété fonctionnelle des coniques* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 666).

(²) G. Bratu, *Sur les progressions d'ordre supérieur* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 562).

formées au moyen des équations

$$(4)\quad \begin{cases} |f_p, \varphi_q|_0^{(m)} = \sum_{i=0}^{i=k} \binom{m}{i} p^i q^i (q^{m-2i} - p^{m-2i}) \, |f^{(i)}, \varphi^{(m-i)}|, \\ \binom{m}{0} = 1, \quad k = \frac{m-1}{2}, \quad \text{pour } m \text{ impair}; \\ \psi^{(0)} = \psi, \quad k = \frac{m}{2} - 1, \quad \text{pour } m \text{ pair}, \end{cases}$$

les résultats suivants :

I. Pour $\lambda \neq \mu \neq \nu$ : 1° toutes les $a_{p,q}$ peuvent rester arbitraires, et les seules courbes C sont les lignes droites qui passent par l'origine des coordonnées ; 2° $a_{r,j}$, $a_{l,t}$, constantes arbitraires, $a_{j,l} = a_{r,j}$, $a_{t,r} = a_{l,t}$, $a_{r,l} = a_{l,t} - a_{r,j}$, et les seules courbes C sont toutes les lignes droites du plan.

II. Pour toutes les relations possibles d'égalité ou d'inégalité entre $\lambda$, $\mu$ et $\nu$, deux à deux, les lignes droites se présentent parmi les solutions des problèmes correspondants.

III. Si $\lambda = \nu$, c'est-à-dire si $l - j = t - r = k$, on a

$$a_{r,j} = a_{j,l} = a_{l,t} = a_{t,r}, \qquad a_{r,l} = 0,$$

et les autres courbes C sont les coniques du plan. Dans ce cas, la relation (2) s'écrit dans la forme

$$(5)\qquad |f_j - f_{r+k}, \varphi_r - \varphi_{j+k}| = 0,$$

exprimant que les polygones rectilignes

$$P_j P_{j+k} P_{j+k+\rho} \ldots P_r \quad \text{et} \quad P_{j+k} P_{j+k+\rho} \ldots P_r P_{r+k}$$

sont de même aire et de même orientation, où $\rho$ peut prendre une quelconque, deux quelconques ou $p$ quelconques, des valeurs 0, 1, 2, ..., $r - j - k - 1$. A chacune de ces interprétations géométriques correspond une propriété caractéristique des coniques. Si $k = 1$, l'équation (5) exprime, en particulier, que les polygones rectilignes

$$P_j P_{j+1} P_{j+2} \ldots P_{r-1} P_r, \quad P_{j+1} P_{j+2} \ldots P_r P_{r+1}, \quad \ldots$$

sont de même aire et de même orientation, ce qui donne pour $r = j + 2$ le problème de M. Angelesco.

IV. Si $\lambda = \mu = \nu$, on a les deux cas :

1° $\qquad a_{r,j} = a_{j,l} = a_{l,t} = a_{t,r}, \qquad a_{r,l} = 0;$

2° $a_{r,j}$, $a_{j,l}$ (const. arbit.), et $a_{l,t} = a_{j,l}$, $a_{t,r} = a_{r,j}$, $a_{r,l} = 3(a_{j,l} - a_{r,j})$,

dont le premier est un cas particulier de III. Dans le second cas, les autres courbes C sont les paraboles du plan, et la relation (2) devient

$$(6)\quad \begin{vmatrix} f_j & \varphi_j & \alpha \\ f_{j+k} & \varphi_{j+k} & \beta \\ f_{j+2k} & \varphi_{j+2k} & \gamma \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} f_{j+k} & \varphi_{j+k} & \beta \\ f_{j+2k} & \varphi_{j+2k} & \gamma \\ f_{j+3k} & \varphi_{j+3k} & \delta \end{vmatrix}, \qquad \alpha - 3\beta + 3\gamma - \delta = 0,$$

ce qui paraît dans une autre manière, en remarquant que les fonctions $f$ et $\varphi$ satisfont à la relation

$$\psi_{j+3k} - 3\psi_{j+2k} + 3\psi_{j+k} - \psi_j = 0,$$

déduite sans difficulté de la formule de récurrence donnée par M. Bratu pour les progressions paraboliques.

On peut remarquer que, en termes de $n+2$ points et une relation linéaire dans $2n+1$ déterminants du $n^{\text{ième}}$ ordre, le problème de cette Note se généralise pour l'espace à $n$ dimensions. Dans l'espace ordinaire, par exemple, en prenant les cinq points $P_j$, $P_l$, $P_p$, $P_r$, $P_t$ et la relation

$$S a_{p,q,r} |f_p, \varphi_q, \psi_r| = 0,$$

on trouve que, dans le cas le plus simple

$$j = i-2, \quad l = i-1, \quad p = i, \quad r = i+1, \quad t = i+2 \qquad (i = 0, 1, 2, \ldots, n, \ldots),$$

on rencontre les progressions polynomiales de l'ordre 3 de M. Bratu, si l'on a les relations

$$a_{p,r,j}, \quad a_{r,j,l}, \quad a_{j,l,p}, \text{ constantes arbitraires,}$$

$$a_{p,t,r} + a_{p,r,j} = a_{t,r,l} + a_{r,j,l} = a_{l,p,t} - a_{j,l,p} = a_{r,l,p} + 4a_{p,r,j} + 6a_{r,j,l} + 4a_{j,l,p} = 0,$$

dont la solution particulière

$$a_{p,r,j} = -a_{r,j,l} = a_{j,l,p} = a_{l,p,t} = -a_{p,t,r} = a_{t,r,l} = -a_{r,l,p} = 1$$

correspond à une généralisation très simple du problème de M. Angelesco.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'existence de classes* (D) *non complètes.* Note de M. **Maurice Fréchet**.

Dans un Mémoire du volume 38 des *Annales de l'École Normale supérieure*, j'avais posé la question suivante :

« Une classe (D) est-elle nécessairement complète ? »

Autrement dit, est-il toujours possible dans une classe (D), c'est-à-dire dans une classe où les éléments d'accumulation peuvent être définis par

l'intermédiaire d'une « distance », de choisir cette distance, sans modifier les éléments d'accumulation, de sorte que si dans une suite d'éléments $A_1$, $A_2$, ..., la distance $(A_n, A_{n+p})$ est infiniment petite avec $\frac{1}{n}$ quel que soit $p$, la suite soit convergente?

Cette question doit être définitivement résolue par la négative comme il résulte d'une lettre que m'a adressée en avril 1922 M. Chittenden. Sa démonstration repose sur la proposition générale suivante : Si une classe $(\mathcal{D})$ est complète et contient un ensemble C dense en lui-même, tout voisinage d'un élément P de C contient un sous-ensemble de $(\mathcal{D})$ qui est homéomorphe d'un intervalle linéaire. Après avoir établi cette proposition, M. Chittenden conclut qu'on obtiendra une classe $(\mathcal{D})$ non complète en considérant par exemple la classe formée des seuls nombres rationnels avec la définition usuelle de la distance.

Le même exemple vient de m'être communiqué (et justifié cette fois par un raisonnement direct) par M. Sierpinski dans une lettre de février 1923, lettre qui me détermine à faire connaître l'antériorité de M. Chittenden et l'indépendance des auteurs.

J'ajoute que, en me reportant à mon Mémoire, j'y relève une indication qui mettait sur la voie de la solution. Je rappelais en effet à la page 355 la proposition suivante indiquée dans le second de mes Mémoires des *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, en 1910 (§ 14) : « Dans une classe $(\mathcal{D})$ complète, un ensemble parfait ne peut être dénombrable. » Or il résulte immédiatement de là qu'on obtiendra un exemple d'une classe $(\mathcal{D})$ non complète au moyen de toute classe $(\mathcal{D})$ parfaite dénombrable : telle la classe particulière signalée plus haut.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de Taylor qui ont des lacunes.* Note de M. **Mandelbrojt**, présentée par M. Henri Lebesgue.

Dans une Note précédente [1] j'ai indiqué la liaison existant entre la nature et le nombre des points singuliers situés sur le cercle de convergence d'une série

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n}$$

et la suite $\lambda_n$.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 728.

Je voudrais présenter encore quelques théorèmes qui approfondissent cette liaison. Voici d'abord un exemple d'une série

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n}$$

présentant des lacunes telles que pour une suite

$$\lambda_{n_i} \qquad (i = 1, 2, \ldots),$$

on ait

$$(1) \qquad \lim (\lambda_{n_{i+1}} - \lambda_{n_i}) = \infty,$$

et telle que la fonction

$$\psi(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n}$$

admette sur le cercle de convergence le seul point singulier d'affixe *un*.

Soit une série convergente à termes positifs

$$\varepsilon_1, \quad \varepsilon_2, \quad \ldots, \quad \varepsilon_i, \quad \ldots.$$

Dans chaque série convergente $(A_k)$

$$(A_1) \qquad \frac{1}{2^S} + \frac{1}{5^S} + \ldots + \frac{1}{(n^2+1)^S} + \ldots,$$

$$(A_2) \qquad \frac{1}{3^S} + \frac{1}{6^S} + \ldots + \frac{1}{(n^2+2)^S} + \ldots,$$

$$\ldots \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

$$(A_k) \qquad \frac{1}{(1+k)^S} + \frac{1}{(2^2+k)^S} + \ldots + \frac{1}{(n^2+k)^S} + \ldots,$$

$$\ldots \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

où $\frac{1}{2} < S < 1$, supprimons les $n_k - 1$ premiers termes, $n_k$ étant suffisamment grand pour que la somme des termes restants soit inférieure à $\varepsilon_k$. La série formée par les termes

$$1, \quad \left(\frac{1}{2^2}\right)^S, \quad \ldots, \quad \left(\frac{1}{n^2}\right)^S, \quad \ldots$$

et des termes qui restent dans les séries

$$(A_k) \qquad (k = 1, 2, \ldots)$$

est une série convergente. On peut donc, d'après des théorèmes connus, former une fonction entière $g(z)$ qui admette comme zéros les points

d'affixes

$$(n_k+i)^2+k \qquad (k=0,\ 1,\ 2,\ \ldots;\ i=0,\ 1,\ \ldots;\ n_0=1),$$

et qui soit telle que la fonction

$$F(x)=\sum_{n=1}^{\infty} g(n)x^n$$

ait le seul point singulier 1. D'autre part, les coefficients $g(n)$ satisfont à la condition (1) relativement aux lacunes.

Mais *si la série*

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n}$$

*admet des lacunes telles que, pour une suite de* $\lambda_{n_i}$, *on ait*

$$\lim \frac{\lambda_{n_i+1}}{\lambda_{n_i}}=\infty,$$

*les seules singularités de la fonction représentée par cette série sont des continus non bornés* (¹).

Je démontre maintenant le théorème suivant :

*Soit une suite* $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_i, \ldots$ *ne contenant qu'un nombre fini de multiples de chaque nombre* $p_i$ *appartenant à une suite quelconque donnée de nombres premiers* $p_1, p_2, \ldots, p_i, \ldots$ *Alors la fonction représentée par la série*

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n}$$

*a, sur le cercle de convergence, un ensemble irréductible de points singuliers.*

On a vu, dans la Note précédente, que la condition (1) suffit pour conclure à l'existence, sur le cercle de convergence, d'un point singulier au moins, qui n'est pas un pôle. Mais, *a priori*, il peut aussi exister des pôles sur ce cercle; la proposition suivante complète le résultat rappelé.

*Soient deux suites*

1° $\lambda_1,\ \lambda_2,\ \ldots,$

2° $\lambda'_1,\ \lambda'_2,\ \ldots$

*formant par leur réunion la suite de tous les nombres entiers positifs.*

---

(¹) On peut démontrer ce fait en tenant compte d'un théorème de Weierstrass sur les séries de fonctions holomorphes dans un domaine fermé et convergeant uniformément sur le contour et d'un résultat de M. Ostrowski.

*S'il existe une série*

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n}$$

*représentant une fonction qui admet un seul point singulier sur le cercle de convergence, la série*

$$\sum_{n=1}^{\infty} b_n x^{\lambda'_n},$$

*où les* $b_n$ *sont quelconques, n'a pas de pôle dont la partie principale se réduise à un seul terme* $\frac{A_p}{(x_0 - x)^p}$ *(en particulier il n'a pas de pôle simple) sur le cercle de convergence.*

Je signale enfin la remarque suivante :

Le degré d'infinitude de la fonction sur le cercle de convergence ne dépend pas de la suite $\lambda_n$. On peut toujours former une série

$$\sum_{n=1} a_n x^{\lambda_n}$$

qui soit continue, ainsi que ses séries dérivées, sur le cercle de convergence lui-même.

MÉCANIQUE. — *Sur le champ gravitationnel de n corps dans la théorie de la relativité.* Note de M. H.-C. **Levinson.**

Dans une Note (¹) récente, j'ai donné une méthode pour trouver les équations du mouvement dans le cas de $n$ points matériels libres, supposant connues les solutions des équations du champ de la gravitation avec les conditions aux frontières. M. Haag (²) s'est récemment appuyé sur une erreur qu'on a faite quelquefois à ce sujet. Je voudrais démontrer que cette erreur ne se trouve pas dans ma Note. En effet, la non-linéarité des potentiels gravitationnels est peut-être la caractéristique dominante de la Mécanique relativiste. Je vais, à mon tour, signaler une confusion de termes qui doit être évitée.

La loi du mouvement d'un point matériel dans un champ gravitationnel

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 734.

(²) *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 826.

est qu'il passe du point $P_1$ au point $P_2$ le long de la géodésique unique qui contient ces points. Le problème est de déterminer ces lignes géodésiques, ou, en d'autres mots, le champ gravitationnel. Ce champ dépend évidemment de tous les corps présents, excepté un, celui dont nous considérons le mouvement. Prenons le cas le plus simple, celui d'une particule isolée qui est en mouvement dans un champ pour lequel les $g_{\mu\nu}$ ont les valeurs

$$(1)\qquad \begin{cases} g_{\mu\mu} = -1 & (\mu = 1, 2, 3), \\ g_{44} = +1, & \\ g_{\mu\nu} = 0 & (\mu, \nu = 1, \ldots, 4; \mu \neq \nu). \end{cases}$$

La courbe du mouvement est une droite euclidienne. Le champ que nous avions à considérer n'était produit par aucun corps. Mais après l'introduction de la particule en mouvement, il existe un champ qui varie en chaque point avec le temps. Le $ds^2$ de ce champ appartient, à proprement parler, au problème de deux corps, car il conduit aux équations du mouvement d'une seconde particule. Dans cet exemple spécial il faudrait prendre comme second corps une particule infinitésimale dont on négligerait l'effet sur le champ; autrement la première particule ne continuerait pas à décrire une droite euclidienne. Mais si l'on connaissait les solutions des équations du champ pour un point matériel en mouvement arbitraire, on pourrait, par la méthode que j'ai indiquée dans ma Note, déterminer les équations du mouvement de deux particules libres. Ainsi, pour trouver le mouvement de deux corps, il suffit de résoudre les équations pour un corps en mouvement arbitraire. D'un autre côté, pour trouver le champ *produit* par deux corps, il faut résoudre les équations pour deux corps en mouvement arbitraire.

Les propriétés essentielles d'un champ composite sont plus nettement exposées en prenant un autre point de vue. Considérons, pour prendre un exemple simple, le champ produit par deux points matériels au repos, $m_1$ et $m_2$, et $ds^2$ peut s'écrire

$$ds^2 = \sum_{\mu=1}^{4} \sum_{\nu=1}^{4} k_{\mu\nu}\, dx_\mu\, dx_\nu,$$

$$h_{pq} = a_{pq} + \sum_{i=1}^{\infty} b_{pq}^{(i)} m_1^i + \sum^{\infty} c_{pq}^{(i)} m_2^i + \sum_{j=1}^{\infty} \sum_{k=1}^{\infty} d_{pq}^{(jk)} m_1^j m_2^k \qquad (p, q = 1, \ldots, 4).$$

Les $a_{pq}$, $b_{pq}^{(i)}$, $c_{pq}^{(i)}$, $d_{pq}^{(jh)}$ sont fonctions des variables spatiales $x_1$, $x_2$, $x_3$. Les séries intégrales en $m_1$, $m_2$ seront sûrement convergentes pour des valeurs assez grandes des variables. Le caractère composite du champ se manifeste par les termes dont les coefficients sont les $d_{pq}^{(jh)}$. Les $b_{pq}^{(i)}$, tout au contraire,

ont les mêmes valeurs que s'il n'y avait que $m_1$ dans le champ. Les valeurs des $c_{pq}^{(i)}$ sont les mêmes que s'il n'y avait que $m_2$ présent. On peut alors trouver les $b_{pq}^{(i)}$ et les $c_{pq}$ par les solutions des équations du champ pour un corps. La solution bien connue de Schwarzschild pour une particule donne leurs valeurs. Mais, pour trouver les $d_{pq}^{(jk)}$, il faut résoudre les équations pour deux corps. On reste ainsi conduit aux équations du mouvement des trois corps, deux corps étant fixes. Les $a_{pq}$ représentent le champ qu'il y aurait si $m_1$ et $m_2$ n'étaient pas présents.

Pour avoir une approximation qui corresponde à la Mécanique classique, on donne à tous les $d_{pq}^{(jk)}$ une valeur identiquement nulle, ainsi qu'à tous les $b_{pq}^{(i)}$ et $e_{pq}^{(i)}$ pour lesquels $i > 1$. On a alors la loi simple de l'addition du potentiel newtonien.

Toutes ces considérations s'appliquent directement au cas de $n$ points matériels. Pour trouver leur mouvement on résout les équations du champ pour le cas de $n-1$ points en mouvement arbitraire. Mais le champ produit par $n$ points n'est donné que si l'on résout les équations pour le cas de $n$ points. Des confusions de termes se produisent souvent lorsqu'on parle de la théorie einsteinienne, parce que notre langage habituel est basé sur le point de vue de la théorie classique.

MÉCANIQUE. — *Quelques propriétés dynamiques et géométriques du mouvement résultant des conditions de M. Angelesco.* Note de M. **Ernest Csilser.**

M. Angelesco a étudié la classe des courbes satisfaisant à la condition suivante (¹). Soit une courbe

$$x = x(u), \qquad y = y(u), \tag{1}$$

et donnons au paramètre $u$ les valeurs successives $u$, $u+h$, $u+2h$, $u+3h$, ..., $h$ étant très petit, qui correspondent aux points A, $A_1$, $A_2$, $A_3$, ..., sur la courbe. Maintenant la condition est que deux triangles successifs, formés par les cordes, $\Delta AA_1A_2$, $\Delta A_1A_2A_3$, etc., aient la même aire; son expression analytique est la suivante :

$$x'y''' - y'x''' = 0, \tag{2}$$

(¹) *Sur une propriété fonctionnelle des coniques* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 666).

aux infiniment petits du cinquième ordre près. Si l'on identifie le paramètre $u$ avec le temps, on peut considérer les fonctions (1) comme les équations d'un mouvement; alors les dérivées $x'$, $y'$, ... sont les dérivées des coordonnées par rapport au temps. Mais l'équation (2) peut s'écrire

$$\frac{d}{dt}(x'y'' - y'x'') = 0,$$

c'est-à-dire

$$(3) \qquad x'y'' - y'x'' = c$$

ou

$$[\bar{v}\bar{R}]_z = c,$$

le premier membre étant la troisième composante du produit vectoriel de la vitesse par la force. Par conséquent la condition (2) exprime qu'en tous les moments du mouvement l'aire formée des deux vecteurs est constante. Cette relation ne suffit pas pour déterminer les fonctions $x$ et $y$, mais en choisissant arbitrairement l'une de ces fonctions, par exemple $x = at + b$, on conclut que la chute libre des corps pesants suit cette loi. M. Angelesco ajoute une deuxième condition en annulant le coefficient de la cinquième puissance de $h$ dans le développement analytique du problème. Cette condition se réduit à la relation

$$x''y^{(4)} - y''x^{(4)} = 0 \qquad \text{ou} \qquad \frac{d}{dt}(x''y''' - y''x''') = 0,$$

d'où l'on tire

$$(4) \qquad x''y''' - y''x''' = c',$$

où $c'$ représente une autre aire, formée de la force et de la vitesse de son changement, cette aire doit être aussi constante.

Les équations (3) et (4) peuvent s'écrire aussi sous la forme

$$x'\left(y'' - x''\frac{y'}{x'}\right) = c \qquad \text{et} \qquad x'''\left(x''\frac{y'''}{x'''} - y''\right) = c';$$

mais de l'équation (2) on a

$$\frac{y'''}{x'''} = \frac{y'}{x'}.$$

A l'aide de cette relation on obtient

$$\frac{x'''}{x'} = -\frac{c'}{c}.$$

En vertu de la relation (2) on établit encore que

$$(5) \qquad \frac{x'''}{x'} = \frac{y'''}{y'} = -\frac{c'}{c},$$

c'est-à-dire $x$ et $y$ satisfont à la même équation.

Si $c=0$; $x'''=y'''=0$, dont la solution est une parabole, pour $c=0$, la solution est une ligne droite. Mais en général on obtient des solutions de la forme $ae^{rt}+be^{-rt}+c$, où $r^2=-\frac{c'}{c}$. Si $r$ est réel, c'est-à-dire $-\frac{c'}{c}>0$, la trajectoire est hyperbolique; si $r$ est imaginaire, ou $-\frac{c'}{c}<0$, la trajectoire est elliptique.

Maintenant, en admettant que la trajectoire d'un mouvement, définie par la relation (5), est une conique, tâchons de déterminer la nature de cette conique d'après les conditions précédentes.

Pour ce but, prenons l'équation générale des coniques

$$ax^2+bxy+cy^2+dx+cy+f=0,$$

d'où

$$(6) \qquad y=-\frac{bx+e}{2c}+\frac{\sqrt{(b^2-4ac)x^2+2(be-2cd)+e^2-4cf}}{2c},$$

où nous posons pour abréger

$$(7) \qquad \varphi=(b^2-4ac)x^2+2(be-2cd)+e^2-4cf.$$

Maintenant soit une fonction $y=f(x)$, représentant la trajectoire d'un mouvement, d'abord sans aucune condition spéciale, dont on forme les deux premières dérivées par rapport au temps. Nous trouvons

$$(8) \qquad y'=\frac{df}{dx}x' \quad \text{et} \quad y''=\frac{d^2f}{dx^2}x'^2+\frac{df}{dx}x'.$$

Si l'on forme l'expression $x'y''-y'x''$, on trouve aisément

$$x'^3\frac{d^2f}{dx^2}=c$$

en soumettant la fonction $f$ à la condition (3). Dérivons cette équation deux fois et l'on aura, après la suppression du facteur $x'^2$,

$$3x''\frac{d^2f}{dx^2}+x'^2\frac{d^3f}{dx^3}=0 \quad \text{et} \quad 3x'''\frac{d^2f}{dx^2}+5x'x''\frac{d^3f}{dx^3}+x'^3\frac{d^4f}{dx^4}=0.$$

En éliminant $x''$ entre ces équations, on en tire

$$(9) \qquad \frac{x'''}{x'} = \frac{x'^2}{9}\left[5\left(\frac{\frac{d^3 f}{dx^3}}{\frac{d^2 f}{dx^2}}\right)^2 - 3\,\frac{\frac{d^4 f}{dx^4}}{\frac{d^2 f}{dx^2}}\right].$$

Maintenant, si la fonction $y = f(x)$ est précisément l'équation (6), on peut appliquer l'équation (5), qui contient aussi la deuxième condition de M. Angelesco.

Si l'on forme les dérivées successives $\frac{dy}{dx}, \cdots$ de la fonction (6) et si l'on remarque que $\frac{d^3 \varphi}{dx^3} = 0$, on obtient, après des calculs purement formels,

$$(10) \qquad \frac{x'''}{x'} = \frac{x'^2}{2\varphi}\frac{d^2\varphi}{dx^2} = \frac{x'^2}{\varphi}(b^2 - 4ac).$$

Constatons maintenant que dans l'équation (6) on a

$$\varphi = (2cy + bx + e)^2;$$

or $\varphi$ est toujours positif, car le mouvement est réel; par conséquent, le signe de $\frac{x'''}{x'}$ dépend exclusivement du signe du facteur $b^2 - 4ac$. Or si l'on tient compte de la relation (5) et des remarques qui la suivent, on en conclut que si $b^2 - 4ac \gtreqless 0$, la trajectoire est hyperbole, parabole ou ellipse; si $\varphi = 0$, la trajectoire est ligne droite.

ÉLECTRICITÉ. — *Propagation d'ondes entretenues le long d'une ligne de fer.* Note [1] de M. G. LAVILLE, présentée par M. Brillouin.

Dans une Note précédente [2], j'ai indiqué un procédé d'étude de la propagation d'ondes électromagnétiques entretenues le long d'une ligne en fils de cuivre. J'ai appliqué la même méthode à l'étude de la propagation le long de fils de fer.

Les courbes de résonance ont des pointes beaucoup plus aplaties. Elles sont parfaitement symétriques par rapport à leurs maxima. Les courbes construites en prenant les inverses des ordonnées de ces pointes sont encore des paraboles égales. L'impédance de la ligne de fer étant très grande,

---

[1] Séance du 3 avril 1923.

[2] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 574.

l'influence perturbatrice du pont d'entrée est négligeable et l'amortissement $\gamma$ peut se déduire de l'étude d'une seule de ces pointes. Il est même inutile de les transformer en paraboles et il suffit de mesurer la largeur $e$ de la pointe à la moitié de sa hauteur. Si $n$ est le numéro d'ordre de la pointe étudiée, $\gamma$ est donné par la formule

$$\gamma = \frac{\pi}{n\,l^2}\,\frac{e}{2},$$

$l$ étant la demi-longueur d'onde, cette formule se déduit des formules données dans la Note précédente en négligeant les termes A et B.

Les positions des maxima sont, comme pour le cuivre, parfaitement équidistantes et séparées par des intervalles $l$ que l'on mesure facilement. Mais si l'on compare les longueurs d'onde mesurées sur la ligne de fer à celles mesurées sur une ligne de cuivre excitée simultanément avec le même oscillateur, on constate que les longueurs d'onde dans le fer sont notablement plus courtes que les longueurs d'onde dans le cuivre. L'écart est sensiblement proportionnel à la puissance $\frac{3}{2}$ de la longueur d'onde et diminue par suite quand la fréquence augmente.

L'application de la théorie de Kirchhoff donne des différences de longueurs d'onde beaucoup plus faibles que celles que l'on observe.

Si en effet on calcule la valeur de la résistance par la formule de L. Kelvin relative à la pénétration du courant, on trouve

$$(1)\qquad \gamma = \frac{1}{V}\,\frac{\sqrt{N\mu\rho}}{2\,d\,L\,\frac{2D}{d}},$$

$$(2)\qquad \frac{1}{\lambda^2} = \frac{1}{\lambda_0^2} + \frac{\gamma^2}{4\pi^2},$$

où N représente la fréquence, V la vitesse de la lumière, $\mu$ la perméabilité magnétique du métal, $\rho$ sa résistivité, $\lambda$ la longueur d'onde mesurée le long du fil métallique, $\lambda_0$ la longueur d'onde que donne la théorie pour un fil sans résistance et qui serait égale à $\frac{V}{N}$. D désigne la distance des axes des fils et $d$ leur diamètre.

Pour un amortissement de $28,2 \times 10^{-5}$ qui correspond à $N = 4,6 \times 10^7$, la formule (2) donnerait un raccourcissement de $0^{cm},27$ seulement, alors que l'expérience donne $18^{cm}$.

J'ai alors étudié la propagation à partir des équations de Maxwell, ainsi

que l'a fait G. Mie [1], et obtenu une relation toute différente entre $\lambda$ et $\gamma$. On la trouve en négligeant dans les formules très compliquées de Mie des termes du second ordre que l'expérience montre négligeables dans le cas du fer et l'on arrive aux deux formules suivantes :

$$\gamma = \frac{\lambda}{\lambda_0}\frac{1}{V}\frac{\sqrt{N\mu\rho}}{2dL\frac{2D}{d}}, \tag{3}$$

$$\frac{1}{\lambda^2} = \frac{1}{\lambda_0^2} + \frac{\pi}{\gamma\lambda}. \tag{4}$$

La première diffère peu de la relation (1) que donne la théorie de Kirchhoff, car le rapport $\frac{\lambda}{\lambda_0}$ reste toujours assez voisin de l'unité. La seconde indique une diminution beaucoup plus grande de la longueur d'onde que la relation (2) et donne des résultats parfaitement conformes à l'expérience suivante : une ligne de cuivre placée à angle droit de la ligne de fer est excitée par le même oscillateur et aussi peu couplée que possible afin d'éviter que les deux lignes et l'oscillateur ne réagissent les uns sur les autres. On mesure simultanément la longueur d'onde le long des deux lignes. Pour le cuivre, la longueur d'onde diffère très peu de la longueur d'onde dans un fil sans résistance ainsi qu'il résulte de l'application de l'une ou l'autre théorie. J'ai admis la faible correction déduite des formules de Mie pour obtenir $\lambda_0$ à partir de la longueur d'onde mesurée dans le cuivre. Cette correction représente moins de 0,2 pour 100 de la longueur d'onde et l'on pourrait même n'en pas tenir compte.

De la différence entre la longueur d'onde $\lambda$ mesurée dans le fer et $\lambda_0$ on déduit l'amortissement $\gamma$ et l'on compare la valeur ainsi trouvée à celle que donne l'étude directe de la courbe de résonance. Les deux valeurs ont été trouvées égales à $\frac{1}{280}$ près. Il faut en conclure que la formule (4) rend compte très exactement des résultats expérimentaux, tandis que la formule déduite de la théorie de Kirchhoff et du calcul de la capacité et de la self-induction pour une distribution exactement superficielle, la pénétration n'intervenant que dans le calcul de la résistance conduit à des résultats en désaccord avec l'expérience.

Aucune des deux théories n'introduit l'existence d'hystérésis aux hautes fréquences. On est donc amené à conclure de l'accord des expériences avec

---

[1] G. Mie, *Wied. Ann.*, t. 6, 1900, p. 201.

la théorie que les pertes par hystérésis, s'il y en a, n'introduisent aucun amortissement observable dans les conditions où j'opère.

La formule (3) permet de tirer $\mu$ de la valeur expérimentale de $\gamma$. Pour des fréquences croissant de $4,6 \times 10^7$ à $10^8$, la perméabilité s'est montrée constante et très faible. J'ai l'intention de rechercher si l'absence d'hystérésis et la faible valeur de $\mu$ sont dues à la fréquence élevée des oscillations ou à la très petite intensité du champ magnétisant.

La ligne étant constituée par deux fils de fer de résistivité $\rho = 12100$ U.Æ.M, de $0^{mm},98$ de diamètre et distants d'axe en axe de $2^{cm},1$, le Tableau suivant donne les résultats numériques des expériences :

| $\lambda$. | $\lambda_0$. | $\lambda - \lambda_0$. | $\gamma$. | $\mu$. |
|---|---|---|---|---|
| cm | cm | cm | | |
| 632....... | 650 | 18 | $28,2.10^{-5}$ | 73,6 |
| 428....... | 438,2 | 10,2 | $34,4.10^{-5}$ | 73,5 |
| 300....... | 305,6 | 5,6 | $41,6.10^{-5}$ | 74 |

CHIMIE ORGANIQUE. — *Catalyse et empêchement stérique.* Note de MM. **G. Vavon** et **A. Husson**, présentée par M. A. Haller.

La notion d'empêchement stérique a été introduite dans la science par Victor Meyer à la suite de ses recherches sur l'éthérification des acides : la présence de radicaux au voisinage de la fonction acide *encombre l'espace* et de ce fait gêne ou empêche l'éthérification ou toute autre réaction de la fonction acide.

Cette théorie a donné naissance à un grand nombre de travaux portant sur diverses réactions : éthérification des acides et des alcools, saponification des éthers-sels, hydratation des nitriles et des amides, formation des oximes et des phénylhydrazones à partir des cétones, formation de sels d'ammonium quaternaire à partir des amines, etc.

L'accord entre la théorie et l'expérience laisse souvent à désirer. L'empêchement stérique ne saurait évidemment à lui seul rendre compte des propriétés des corps; les radicaux introduits apportent, en plus de leur encombrement, des affinités propres, modifiant les propriétés des fonctions déjà existantes dans la molécule; ces modifications s'ajoutent à l'empêchement stérique pour donner une résultante qui n'est pas forcément de même sens que celui-ci. Si l'on ne fait appel qu'aux radicaux de faible affinité chimique, radicaux saturés aliphatiques ou cycliques, la théorie se vérifie bien dans toutes les réactions précitées. Toutefois elle reste en

désaccord avec les résultats obtenus dans l'étude de la fixation du brome sur les corps éthyléniques : ainsi l'introduction de radicaux méthyle au voisinage de la double liaison facilite l'addition du brome au lieu de la rendre plus difficile [1].

Nous nous sommes proposé d'étudier à ce point de vue la fixation de l'hydrogène sur les corps éthyléniques par catalyse au noir de platine.

Nous avons comparé entre eux les corps de chacun des quatre groupes suivants : 1° acides cinnamiques, α-méthyl-, β-méthyl- et αβ-diméthylcinnamiques; 2° leurs éthers méthyliques; 3° leurs éthers éthyliques; 4° les cinnamates de méthyle, d'éthyle, d'isopropyle, de cyclohexyle.

*Méthode de comparaison.* — Le procédé le plus simple pour comparer la facilité d'hydrogénation de deux substances A et B consiste à les hydrogéner séparément dans des conditions identiques et à noter leur vitesse d'hydrogénation.

Ce procédé présente deux inconvénients, d'ordre différent : 1° la vitesse d'hydrogénation varie grandement sous l'influence de traces de certaines impuretés qui empoisonnent le catalyseur, ces traces d'impuretés échappent à tout contrôle.

2° La réaction se fait en plusieurs phases : diffusion du corps à hydrogéner et de l'hydrogène pour atteindre le platine, catalyse proprement dite, diffusion de l'hydrure formé pour s'éloigner de la surface du platine. L'une de ces phases peut imposer son allure à la réaction globale et l'on risque alors de ne comparer que des phénomènes de diffusion [2].

Pour éviter, au moins en partie, les inconvénients précédents, nous avons opéré sur le mélange $A + B$ en ne fixant qu'un volume d'hydrogène insuffisant pour tout saturer. Dans ces conditions, il y a partage : A fixe un volume V, B un volume V'; les nombres V et V' permettent de repérer la facilité d'hydrogénation de A et B.

Au lieu de comparer directement A et B il est préférable de comparer chacun d'eux à un corps étalon, choisi convenablement pour que l'analyse du mélange partiellement hydrogéné soit commode. Nous avons choisi comme étalon l'α-pinène.

Par raison de simplicité et de sensibilité nous avons pris une molécule de corps, une de pinène, et fixé une molécule d'hydrogène.

Le pinène employé, à la concentration de $5^g$ dans $100^{cm^3}$, donne une rota-

---

(1) Sudborough et Jhon Thomas, *Chem. Soc.*, t. 97, p. 2450.

(2) G. Vavon, *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 360.

tion de $\alpha_{578} = +5°30'$ sous $20^{cm}$, son hydrure de $\alpha_{578} = +2°4'$. Une lecture polarimétrique à la fin de chaque expérience permet de connaître la composition du mélange, le poids de pinène hydrogéné étant, en effet, sensiblement proportionnel à la diminution de la rotation.

Voici les résultats obtenus dans une série d'expériences faites dans l'acide acétique comme solvant. Rotation initiale sous $20^{cm}$ : $\alpha_{578} = 5°30'$.

| | Rotation finale. | Pour 100 de corps hydrogéné. |
|---|---|---|
| *Premier groupe.* | | |
| Acide cinnamique | 4°.2' | 57 |
| » β-méthylcinnamique | 2.58 | 26 |
| » α-méthylcinnamique | 2.50 | 22 |
| » αβ-diméthylcinnamique | 2.44 | 19 |
| *Deuxième groupe.* | | |
| Cinnamate de méthyle | 4.14 | 63 |
| β-méthyl de méthyle | 3.36 | 45 |
| α-méthyl d'éthyle | 2.58 | 26 |
| *Troisième groupe.* | | |
| Cinnamate d'éthyle | 4. 4 | 58 |
| β-méthyl d'éthyle | 3. 8 | 31 |
| α-méthyl de méthyle | 2.50 | 22 |
| *Quatrième groupe.* | | |
| Cinnamate de méthyle | 4.10 | 61 |
| » d'éthyle | 4 | 56 |
| » d'isobutyle | 3.46 | 50 |
| » de cyclohexyle | 3.26 | 40 |

Afin de voir la portée de telles mesures, nous avons étudié l'influence de la quantité de platine, de sa qualité, de la nature du solvant. Les nombres trouvés varient très peu en fonction du poids de platine (poids extrêmes : $0^g,25$-$4^g$); ils varient davantage en fonction de l'activité du platine et de la nature du solvant. Ainsi, le premier groupe a donné dans l'alcool les nombres 65, 32, 22, 18 au lieu de 57, 26, 22, 19 dans l'acide acétique. Mais dans toutes les séries de mesures faites, *le classement dans chacun des groupes s'est toujours montré constant.*

C'est précisément celui que fait prévoir la théorie de l'empêchement stérique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acétylène sur le zinc-éthyle.* Note [1] de M. J.-F. **Durand**, présentée par M. P. Sabatier.

Certains dérivés métalliques de l'acétylène n'ont pu être obtenus par les méthodes connues jusqu'à ce jour. Tels sont les acétylures de zinc, d'aluminium, de glucinium, et de quelques autres métaux. D'une part on ne les obtient pas par l'action directe de l'acétylène sur le métal, parce que les affinités entrant en jeu sont trop faibles; d'autre part, l'action du carbone sur le métal ne les donne pas, soit que l'acétylure ne puisse exister aux températures élevées où le carbone entre volontiers en réaction (zinc), soit qu'il se forme un autre carbure plus stable (aluminium). Enfin, on ne les produit pas davantage en faisant réagir l'acétylène sur une solution métallique appropriée, comme on le fait pour le cuivre, et cela parce que, selon toutes les prévisions, ces carbures attaquent l'eau à froid. On pourrait tenter l'action du carbure de calcium sur une solution alcoolique du chlorure, par exemple, mais ce procédé ne m'a pas paru réussir, sans doute parce qu'il y a trop peu d'écart entre la chaleur de formation des sels de ces métaux et celle des sels correspondants du calcium.

Dans ces conditions, j'ai pensé à faire réagir l'acétylène sur les dérivés organométalliques simples, et j'ai d'abord appliqué cette méthode au zinc, pour obtenir la réaction

$$C^2H^2 + Zn(C^2H^5)C^2 \rightarrow C^2Zn + 2\,H.C^2H^5.$$

Dans un ballon relié à un bon réfrigérant ascendant et traversé par un courant d'acétylène pur et sec, j'ai introduit de la ligroïne (Éb. 132°-140°), dans laquelle barbotait le courant gazeux. Puis j'ai brisé dans le ballon une ampoule contenant $5^g$ de zinc-éthyle.

La réaction commence à froid et se manifeste par un trouble dans la solution. En chauffant le ballon, on voit se former un précipité jaunâtre. Une fois la réaction terminée, on sépare par filtration le précipité, que l'on essore sur une plaque poreuse. Le corps est alors tout à fait blanc.

Ce corps, traité par l'eau, réagit avec formation d'hydroxyde de zinc, et il se dégage un gaz, dans lequel l'acétylène a été caractérisé par l'action du chlorure cuivreux ammoniacal : il se produit un précipité rouge, très abondant, d'acétylure cuivreux.

Avec la potasse ou la soude en solution, la réaction est plus vive, et le liquide reste limpide (zincate alcalin).

---

[1] Séance du 3 avril 1923.

La substance s'altère à l'air humide, sans changer notablement d'aspect. Chauffée, elle passe au jaune, par suite de la formation d'oxyde de zinc.

Dans les mêmes conditions de préparation, une solution de mercure-diphényle dans le benzène n'a pas changé d'aspect sous l'action de l'acétylène.

Je me propose de continuer l'étude du produit décrit ci-dessus, et d'étendre ces recherches à l'action de l'acétylène et des carbures acétyléniques vrais, ainsi que de l'éthylène, substitué ou non, sur les dérivés organo-métalliques de la forme $MR^n$.

## MINÉRALOGIE. — *La mendelejevite, nouveau minéral radioactif.* Note de M. **W. J. Vernadsky.**

J'ai donné le nom de mendelejevite (en l'honneur du grand savant russe D. J. Mendelejev) à un minéral trouvé il y a quelques années en Transbaïkalie par l'ingénieur K. Egoroff et M. Jakunine ([1]). Je n'ai pu jusqu'à présent en donner qu'une analyse incomplète qui permet cependant d'indiquer la place de ce minéral dans la classification ([2]).

La mendelejevite se trouve dans des filons de pegmatite du puissant massif granitique de Transbaïkalie; on l'a reconnue dans trois de ces filons aux environs de Sludjanka (sur le lac Baïkal) dans la localité de Uluntuj. Elle est associée à de grands cristaux d'orthite (renfermant jusqu'à 3 pour 100 de $ThO^2$ selon K. Nenadkewitch) et se présente le plus souvent en masses cristallines sans contours nets. Cependant, en 1914, V. Silbermüntz y a rencontré des cristaux.

La mendelejevite est un uranotitanoniobate de calcium (23,5 p. 100 $U^3O^8$ et 15 pour 100 $CaO$ environ) qui contient également $>$ Pb, un peu de fer et de petites quantités de terres rares. La perte au feu ne dépasse pas 1,3 pour 100.

Les cristaux sont d'un gris noir; ils ont un éclat semi-métallique. Ce sont des rhombododécaèdres $b^1$(110) tronqués par de petites facettes $a^1$(111). Ils sont un peu aplatis et leurs faces ne sont pas égales; elles sont ternes,

---

([1]) В. Вернадскій. Труды Радіевой экспедиціи Академіи Наукъ, I. II., 1914, p. 65.

([2]) W. Vernadsky, *Bulletin de l'Académie des Sciences de Saint-Petersbourg*, 1914, p. 1367. Практическая Медицина, III. II., 1915, p. 177.

couvertes d'un mince enduit qui paraît être primaire, lié aux conditions de formation de la pegmatite, et non dû à une altération superficielle.

Les cristaux se rencontrent, isolés, dans le quartz; les masses cristallines sont dans les feldspaths.

Dans le quartz, autour des cristaux de mendelejevite, apparaissent des craquelures étoilées (et des colorations) qui me semblent caractéristiques des minéraux radioactifs et sont dus à l'action très prolongée des effluves d'énergie ([1]).

Le plus grand cristal trouvé a un diamètre de $1^{cm},3$. Les masses cristallines dépassent $20^{cm}$. La poussière du minéral est brun rougeâtre clair. Sa dureté est de 4,5. Son poids spécifique, déterminé par Mme I. Starynkewitch-Bornemann est de 4,758 pour les cristaux (trois échantillons ont donné des densités variant de 4,766 à 4,75) et à 4,464 pour les masses cristallines (trois échantillons ont donné des densités variant de 4,440 à 4,508).

Ces données sont suffisantes pour considérer la mendelejevite comme appartenant au groupe de la *betafite* ([2]). Mais la betafite est beaucoup plus riche en eau; sa couleur est jaune verdâtre, sa poussière gris verdâtre. La croûte superficielle d'altération est toujours très nette dans la bétafite, mais toute la masse du cristal est altérée. Cependant c'est une altération phréatique, non liée aux processus chimiques de la biosphère. Nous ne connaissons jusqu'ici aucun minéral niobique (ou tantalique) formé dans la partie superficielle de l'écorce terrestre et les niobates et tantalates non altérés ([3]) sont très stables dans la biosphère.

Les couleurs jaune et verte de la betafite indiquent l'existence d'uranyle ($UO^2$) ou $UO^3$ dans sa structure; la couleur brun rougeâtre de la mendelejevite, l'existence d'anhydride $UO^2$ ou de ses anhydrides complexes.

MÉTÉOROLOGIE. — *Éléments d'une synthèse des méthodes de prévision française et norvégienne.* Note ([4]) de MM. **Ph. Schereschewsky** et **Ph. Wehrlé**, présentée par M. R. Bourgeois.

I. Les deux méthodes. — En Norvège, comme en France, les météorologistes ont abouti à des concepts à peu près équivalents de « système nua-

([1]) W. Vernadsky, *loc. cit.*, 1914, p. 42.

([2]) A. Lacroix, *Minéralogie de Madagascar*, t. 1, 1922, p. 378.

([3]) Je veux parler de l'altération primaire, dans des couches profondes, comme celle de la bétafite.

([4]) Séance du 3 avril 1923.

geux » ([1]) et la prévision du temps consiste à déterminer indirectement l'état futur de ces systèmes en leur substituant des individus liés à eux, mais se prêtant à une étude plus commode : en Norvège, le « front »; en France, le noyau de variations de pression.

LES FRONTS. — *a. Position.* — En dehors de toute théorie relative à sa structure, le front est un concept qui s'impose dans l'analyse pratique des cartes synoptiques pour un ensemble d'éléments : vent, température, humidité, variation de pression.

*b. Propagation.* — L'évaluation actuelle semble surtout basée ([2]) sur le « vent du gradient » dans les secteurs chauds et sur « l'âge » des cyclones.

LES NOYAUX DE VARIATION DE PRESSION. — *a. Position.* — La méthode des variations utilise toute une gamme d'intervalles (3, 6, 12, 24 et même 48 heures). Un même noyau, suivant l'intervalle de variation employé, occupe des positions différentes.

*b. Propagation.* — Dans un délai de 12 à 24 heures elle peut être déterminée avec précision en se basant sur les décalages respectifs des positions d'un même noyau suivant l'intervalle employé.

*Comparaison.* — *a.* La méthode norvégienne précise mieux que la méthode française l'élément de substitution au système nuageux. En effet quand on parle de baisse il faudrait préciser l'intervalle de variation. Souvent la coïncidence du corps du système nuageux est bonne avec les tendances négatives; mais il n'est pas rare que le corps soit « en retard » sur le noyau de tendances (il n'est jamais en avance).

*b.* Par contre, la méthode norvégienne, pour évaluer la propagation, semble insuffisamment quantitative, tandis que la méthode française permet de *construire*, au moins 12 heures avant, le futur domaine de baisse dans un intervalle déterminé.

II. SYNTHÈSE. — *a. Cas du front double* (occluded cyclone). — En ce cas, si fréquent aux latitudes moyennes, la discontinuité véritable se trouve rejetée en altitude. Toutefois elle est décelée par la pression, celle-ci étant influencée par l'état de l'atmosphère non seulement au sol, mais encore en altitude : le front double, surmonté d'air « équatorial » léger, correspond à

---

([1]) Les Norvégiens ont mis en évidence le *secteur chaud* central. Les Français, la *marge* latérale; ces détails, qui se complètent, sont affaire de latitude : la Norvège étant balayée généralement par la région centrale des perturbations, la France par leurs bords.

([2]) J. BJERKNESS et H. SOLBERG, *Life Cycle of Cyclones* (*Geophysike Publikations*, 1922).

un thalweg isobarique les deux « langues d'air polaire » qui l'enserrent constituant deux anticyclones mobiles (1). En langage dynamique : *le front double coïncide avec la ligne de variation instantanée (en pratique, de tendance) nulle entre la baisse à l'avant et la hausse à l'arrière.*

Considérons non plus un front double isolé, mais une « famille » de fronts doubles, c'est-à-dire un régime (2) de noyaux de variations, et appliquons la notion de phase (3). Les *fronts doubles*-thalwegs isobariques, lignes de variations instantanée nulle, *sont aussi par conséquent* (4) *les lignes de maxima de variation négative dans l'intervalle égal à la demi-période*. Le résultat est intéressant, car, en prévision, le placement du maxima de variation est plus précis que celui des variations nulles.

*b. Cas du secteur chaud.* — Il représente une zone de variation instantanée faiblement en baisse, entre la baisse forte d'arrière de la langue polaire antérieure et la hausse d'avant de la langue polaire postérieure. Le front froid se trouve encore sur la ligne de variation instantanée nulle entre la baisse à l'avant et la hausse à l'arrière, mais le front chaud se trouve en pleine baisse, à la limite arrière de la zone de baisse instantanée maxima. Donc *dans le cas de secteur chaud, le corps du système nuageux* qui est situé au contact et *à l'avant* du front chaud *coïncide avec le noyau de tendances négatives,* en avance sur le noyau de variations négatives dans tout intervalle supérieur. C'est l'explication du fait suivant que nous avions empiriquement remarqué : *les corps de systèmes nuageux vigoureux (cyclones à secteur chaud) coïncident avec les noyaux de tendances négatives; les systèmes affaiblis (fronts doubles), corps et traînes soudés, sont en retard sur les tendances.* Si donc le corps nuageux apparaît avec les tendances négatives et surtout si le front nuageux (5) les devance dans la hausse, un mauvais temps violent est probable.

---

(1) Cette topographie isobarique typique montre bien qu'en l'absence de secteur chaud au sol une dissociation radicale s'impose entre le concept de ligne de discontinuité (ou de noyau de variations) et celui de dépression. A nos latitudes, en particulier, l'individu isobarique le plus intéressant n'est pas la dépression mais la « langue polaire ».

(2) Vehrle, *Sur la notion de période dans l'étude des noyaux de variations de pressions* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921.

(3) Ph. Wehrle et R. Cordebas, *Ibid.*

(4) Ph. Wehrle et R. Cordebas, *Ibid.*

(5) Cf. Ph. Schereschewsky et Ph. Wehrle, *Sur la signification des cirrus dans la prévision du temps Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 314).

III. Conclusion. — La méthode des fronts et la méthode des variations ne s'opposent pas, elles se complètent. Les idées norvégiennes *a* permettent de préciser la liaison des systèmes nuageux et des noyaux de variation *b*, éclairent l'évolution des perturbations; elles sont précieuses notamment pour surveiller les régénérations du front polaire dans le Sud, liées aux « Séclusions » (1) septentrionales et si importantes en Méditerranée.

Par contre la méthode des variations *a* fournit un outil de calcul simple et précis pour déterminer, 12 à 24 heures à l'avance, la position et l'état des discontinuités (surtout aux latitudes moyennes où l'effacement fréquent des discontinuités rend plus délicat l'emploi de la méthode norvégienne), *b* permet de délimiter latéralement les corps nuageux (notion de marge), opération essentielle en France, et que la méthode norvégienne laisse dans l'ombre puisque, en principe, un front froid principal se raccorde au front chaud suivant.

## BOTANIQUE. — *Sur l'ontogénèse du* Volvox aureus *Ehr.* Note (2) de M. Ch. Janet, transmise par M. L. Mangin.

Les premiers stades du développement du *Volvox* ont été seuls décrits jusqu'ici. Cela vient des grandes difficultés que l'on rencontre lorsqu'on veut suivre ce développement jusqu'à son terme final, difficultés provenant de la petitesse des cellules, de leur bombement, qui masque plus ou moins leur agencement ontogénétique, des irrégularités qui troublent, assez souvent, les rapports normaux.

Les conclusions d'une étude des 10 stades qui conduisent le développement du *Volvox aureus* jusqu'à son état final, état qui comporte ordinairement 1024 cellules, sont les suivantes :

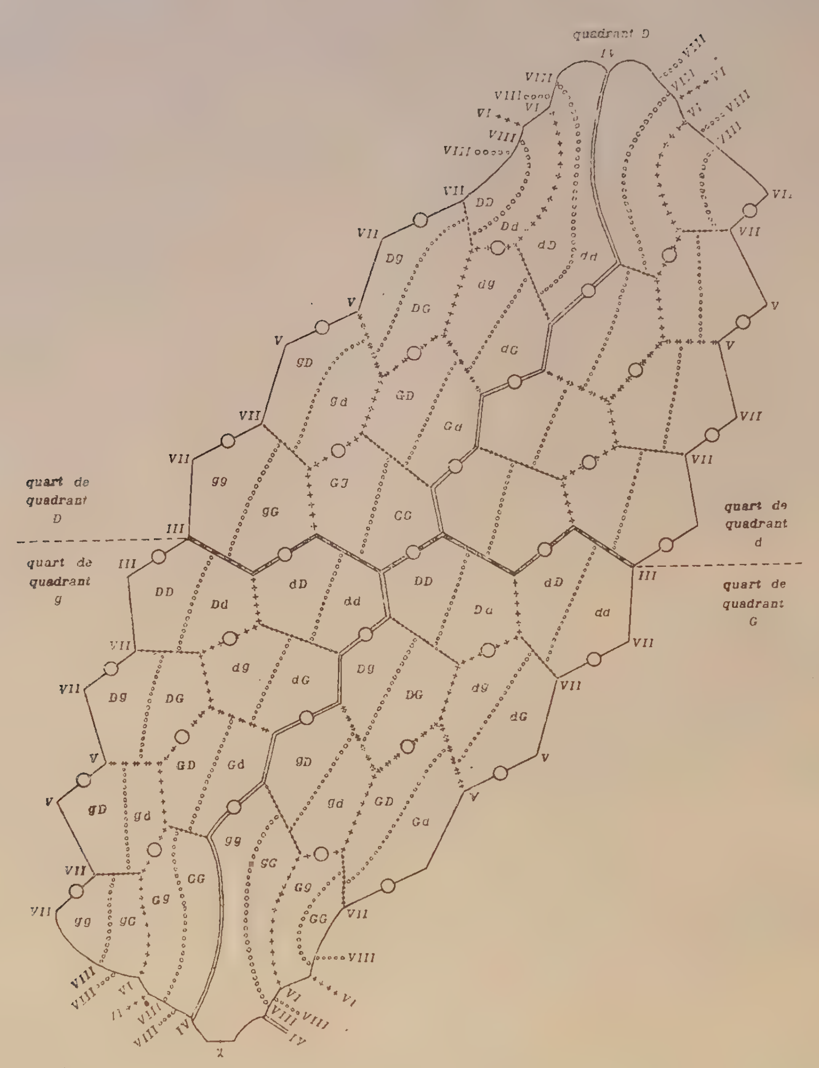
1° L'arrangement tétradique des cellules se conserve pendant toute la durée et jusqu'à la fin de l'ontogénèse. Les bipartitions de rang pair donnent des tétrades de cellules. Les bipartitions de rang impair donnent des tétrades de dyades.

2° Chacune des facettes d'une cellule est déterminée par la tension d'une liaison protoplasmique ou plasmodesme.

---

(1) La « séclusion » est l'état d'un cyclone dont le secteur chaud se trouve coupé — au sol — de la masse de l'air équatorial.

(2) Séance du 26 mars 1923.




Cette figure représente, étalée sur un plan, le quart (quadrant) de la surface d'un *Volvox* en cours de développement.

Le quadrant est limité à droite et à gauche par les traces de bipartitions I et II. La figure indique, par des traits conventionnels, numérotés de III à VII, les cinq bipartitions successives qui conduisent du stade de 4 cellules au stade de 128 cellules, ces dernières étant représentées après qu'elles ont pris leurs formes et leurs positions d'équilibre.

Sur chaque cellule, se trouve indiquée la situation initiale de la bipartition VIII qui va conduire au stade de 256 cellules. Chacune de ces 256 cellules possède une dénomination ontogénétique, définie, composée de quatre lettres qui sont les deux lettres inscrites sur les cellules, ces lettres devant être précédées de la lettre indicatrice du quart de quadrant, précédée elle-même de la lettre indicatrice du quadrant auquel appartient la cellule considérée.

3° Lors de chaque bipartition il y a :

*a*. Apparition de plasmodesmes nouveaux;

*b*. Conservation définitive de certains plasmodesmes préexistants, qui se retrouveront, non multipliés, au stade final de l'ontogénèse;

*c*. Conservation momentanée de certains plasmodesmes préexistants, qui seront multipliés par les bipartitions ultérieures;

*d*. Multiplication immédiate des autres plasmodesmes préexistants.

4° Les plasmodesmes nouveaux sont des liens protoplasmiques résiduels, c'est-à-dire résultant de l'inachèvement des scissures dans la division du cytoplasme.

5° La multiplication des plasmodesmes et, par conséquent, la multiplication connexe des facettes, résulte de ce que chaque bipartition :

*a*. Divise, en trois, les plasmodesmes de deux facettes opposées de chaque cellule;

*b*. Plie, en trois facettes nouvelles, chacune des deux facettes opposées dont il vient d'être question.

6° Chaque tripartition d'un plasmodesme donne un plasmodesme moyen, intercalé entre deux autres. Ceux-ci sont destinés à être tripartis lors des divisions cellulaires ultérieures, tandis que le plasmodesme moyen est définitif, c'est-à-dire se retrouvera, non multiplié, au stade final de l'ontogénèse.

7° La facette correspondant à un plasmodesme définitif est une facette définitive, c'est-à-dire une facette qui se retrouvera, elle aussi, sans être multipliée, au stade final de l'ontogénèse. Ces facettes définitives sont indiquées sur la figure par des petits cercles.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Variations des parfums sous l'influence du greffage*. Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Au cours de mes recherches sur la greffe, j'ai opéré sur des plantes qui sécrètent des produits odorants de nature variée, dont les uns sont particuliers aux espèces et utilisés à des titres divers dans l'industrie. J'ai constaté qu'en greffant entre eux des végétaux dont les parfums sont différents ou encore des plantes odorantes sur d'autres qui n'ont pas d'odeur, les produits essentiels fournis par les épibiotes varient suivant les hypobiotes employés et sont, dans certains cas, modifiés en quantité et en qualité. Parmi les exemples les plus caractéristiques de ce genre d'influences, on peut citer la

Vigne française greffée sur quelques Vignes américaines ou hybrides [1], le *Chenopodium vulvaria* placé sur le *Chenopodium album*, les *Tanacetum* et les *Artemisia* greffés sur le *Chrysanthemum frutescens* ou Pâquerette arborescente [2].

Depuis plusieurs années, j'ai repris spécialement, au point de vue des variations du goût et du parfum, l'étude de ces dernières greffes qui offrent un intérêt industriel et médicinal. Comme à l'ordinaire, j'ai constaté que la Pâquerette arborescente, jouant le rôle d'hypobiote, augmente de rusticité et que les parties annuelles de Tanaisie et d'Absinthe prises pour épibiotes deviennent vivaces pendant que leurs feuilles diminuent de taille, se frisent fortement et changent plus ou moins de couleur. A ces modifications morphologiques, sensibles dès la première année de greffe et qui vont en s'accentuant avec l'âge, correspondent des variations de saveur et de parfum qui sont sensibles au goût et à l'odorat. Ces changements organoleptiques m'ont paru aussi s'accentuer avec l'âge des greffes, parallèlement aux modifications de la feuille; elles sont plus ou moins accentuées suivant les exemplaires, dans une même série de greffes et suivant les hypobiotes quand il s'agit de greffes sur espèces différentes. Elles se retrouvent chez les essences extraites par distillation, essences dont je me propose d'étudier la nature dès que j'aurai des quantités suffisantes de produits.

Un épibiote d'*Artemisis Absinthium*, âgé de 3 ans, dont les feuilles étaient très fines et très frisées, donna des graines qui germèrent il y a quatre ans. Un des jeunes semis, qui rappelait nettement le type modifié par la greffe, fut conservé et donna des graines à son tour. Celles-ci ont fourni de jeunes plantes d'aspect très varié dont les unes se rapprochent de l'Absinthe normale et les autres de l'Absinthe frisée et modifiée par la greffe. Entre les deux formes extrêmes, il y a tous les passages.

Ce qu'il y a de plus remarquable, c'est que chaque exemplaire possède une odeur et une saveur plus ou moins différentes. Sous ce rapport, quelques pieds à feuilles frisées présentent un goût et un parfum plus agréables que l'Absinthe non greffée; d'autres, qui se rapprochent de celle-ci par les caractères du feuillage, sentent mauvais à la longue et leur goût est plus fade. Ces résultats montrent que, chez l'Absinthe comme

---

(1) Lucien Daniel, *Influence du greffage sur l'odeur des fleurs de la Vigne*, Rennes, 1904.

(2) Lucien Daniel, *Nouvelles recherches sur les greffes herbacées* (*Revue bretonne de Botanique*, 1912-1913).

chez beaucoup d'autres espèces [1], la symbiose influence à la fois les exemplaires greffés et leur descendance et qu'il y a, comme d'ailleurs dans l'immense majorité des plantes greffées, des *greffages améliorants* et des *greffages détériorants.*

Au point de vue de l'industrie des parfums, il y a d'intéressantes recherches théoriques et pratiques à faire dans cette voie essentiellement nouvelle.

PHYSIOLOGIE. — *Sur les larmes et les fonctions de la glande lacrymale.* Note de M. **Raphael Dubois**, présentée par M. Henneguy.

On admet généralement que la glande lacrymale a pour unique fonction de sécréter des larmes destinées à lubrifier la conjonctive et la cornée et à empêcher leur dessèchement ainsi que celui de la muqueuse nasale.

Cette opinion semblait confirmée par l'absence de glande lacrymale chez les Poissons et son atrophie chez les Cétacés, chez l'Hippopotame et la Loutre. Cependant, il existe des animaux à habitat aquatique, comme les Tortues marines, qui sont pourvues de très volumineuses glandes lacrymales, tandis que les Amphibiens à habitat alternativement aérien et aquatique, particulièrement chez les Anoures et les Urodèles, en sont dépourvus. Certains Reptiles, à vie aérienne, ont les paupières transparentes soudées au globe oculaire. Il est, en outre, bien établi que l'enfant crie, mais ne pleure pas avant le milieu ou la fin du second mois, son appareil lacrymal n'étant pas développé. Le rôle des glandes lacrymales ne paraît donc pas aussi simple qu'on le dit. L'expérimentation est venue confirmer ce que l'anatomie comparée faisait pressentir.

En étudiant l'action des phénylènes diamines [2], dont la constitution chimique se rapproche beaucoup de celle des leucomaïnes, nous avons constaté que la paraphénylène diamine, en s'accumulant dans la glande lacrymale, provoquait le larmoiement comme les toxines de certaines maladies infectieuses et qu'elle s'y décomposait en colorant fortement en noir les acini glandulaires. Nous en avions tiré cette conclusion que le foie n'est pas le seul organe pouvant détruire les poisons.

---

(1) Lucien Daniel, *Influence du sujet sur la postérité du greffon*, Le Mans, 1895.

(2) R. Dubois et L. Vignon, *Étude préliminaire de l'action physiologique de la para- et de la métaphénylène diamine* (*Comptes rendus*, t. **107**, 1888, p. 533) et *Archives de physiologie normale et pathologique*, n° 7, p. 255-260, Paris, 1888.

La glande lacrymale paraît être aussi un organe d'excrétion des produits pathologiques, car, dans des cas d'ictère grave, on a vu les larmes tacher le linge fortement en jaune. C'est enfin à l'excrétion d'une enzyme que, d'après Lindahl, devrait être attribué le pouvoir bactéricide, antiseptique des larmes.

Nous avions émis l'opinion que la paraphénylène diamine était détruite dans la glande lacrymale par une oxydase. J'ai cherché à m'assurer de l'exactitude de cette hypothèse en broyant en présence de l'alcool à 96° quatre glandes de Vaches qui venaient d'être sacrifiées et en laissant macérer la pulpe glandulaire dans l'alcool pendant 48 heures. Le magma séparé de l'alcool a été mis à macérer dans l'eau chloroformée pendant 48 heures et le macératum aqueux filtré a été reçu dans un excès d'alcool à 96°, où il s'est formé un précipité. Celui-ci isolé et séché à froid a présenté tous les caractères d'une enzyme décomposant énergiquement l'eau oxygénée. Mais, contrairement à notre attente, ce n'était ni une oxydase, ni une peroxydase, mais une diastase hydratante saccharifiant l'amidon cuit comme la ptyaline, à laquelle je donne le nom de *lacrymase*, pour rappeler son origine. Ceci ne prouve pas que le ferment oxydant n'existe pas, mais seulement l'impossibilité de le séparer par le procédé employé. Il est possible que la lacrymase soit de la ptyaline, car on sait que chez certains Mammifères, la glande lacrymale se continue avec la parotide et chez certains Serpents avec la glande salivaire qui sécrète le venin. Mais la lacrymase introduite en injection sous la peau d'un Cobaye n'a déterminé aucun phénomène apparent. Il n'en a pas été de même avec le macératum alcoolique évaporé au bain-marie et repris par l'eau. Quelques instants après l'injection, on a vu se produire des cillements, des clignottements spasmodiques des paupières, des contractions cloniques des lèvres supérieures et des muscles élévateurs du nez : vers la fin de l'observation, on a noté un très léger larmoiement. Rien de semblable ne s'est montré après l'injection de l'extrait aqueux du résidu glandulaire ayant macéré dans l'eau chloroformée, ni avec l'extrait alcoolique de glandes salivaires sous-maxillaires des mêmes Vaches traitées comme les glandes lacrymales.

Pendant toute la durée de l'expérience, l'animal est resté parfaitement immobile et, sauf ceux de la respiration, aucun autre mouvement que ceux des muscles respiratoires n'a été vu. Or, ces derniers sont les *muscles du pleurer* et sont innervés par des branches du facial qui est, en même temps, un des nerfs de la sécrétion lacrymale. Il semble donc que dans la glande lacrymale il puisse se former ou s'accumuler, pour y être détruit ou en être

sécrété, un produit capable d'exciter les mouvements de physionomie qui accompagnent l'émission des larmes. Les pleurs seraient alors le résultat d'une auto-intoxication pouvant avoir son origine dans une secousse violente des centres psychiques, de même que la frayeur peut produire la forme d'ictère appelée communément « jaunisse ». Le déclenchement des pleurs et des jeux de physionomie qui les accompagne ne serait pas le résultat d'une action plus ou moins directe ou réflexe des centres psychiques, mais bien l'effet d'un agent toxique agissant sur le nerf facial et susceptible d'être isolé. Ce principe excitant des jeux de physionomie, et peut-être paralysant à haute dose, comme serait le vin ou l'alcool, je l'appellerai provisoirement *lacrymaline*. La présence de la lacrymaline est-elle constante, sa quantité et ses qualités sont-elles variables suivant les conditions du déterminisme? C'est sans doute ce que nous diront nos expériences subséquentes. On sait, en effet, qu'il y a larmes et larmes : l'excitation du nerf sympathique provoque des larmes troubles et celle du nerf trijumeau des larmes limpides. Les larmes qui coulent normalement sont-elles différentes de celles qui éclatent accidentellement? probablement; en tout cas, on sait que dans certaines maladies, comme la tuberculose, elles peuvent d'alcalines devenir acides; qu'il y a des « larmes brûlantes » irritantes et des « larmes douces », etc. Peut-être la lacrymaline est-elle le toxique qui engendre le chagrin que l'excrétion des larmes soulage? Il ne faudrait pas alors désespérer de trouver un antidote du chagrin plus efficace que ce gaz hilarant de Davy ou que les anesthésiques et les stupéfiants.

PHYSIOLOGIE. — *Production du scorbut chez le Cobaye et le Lapin jeune au moyen d'un nouveau régime, complet et biochimiquement équilibré, uniquement dépourvu de facteur* C. Note (¹) de M. LOPEZ-LOMBA et Mme RANDOIN, présentée par M. Henneguy.

Plusieurs types de régimes ont été employés jusqu'à ce jour pour étudier, chez le Cobaye, l'avitaminose C. Mais les auteurs ne semblent pas avoir accordé une attention suffisante à la réalisation de régimes complets, c'est-à-dire de rations contenant, sauf le facteur étudié, tous les éléments indispensables en proportions convenables.

Les graines de céréales (avoine, orge) employées par plusieurs expéri-

(1) Séance du 26 mars 1923.

mentateurs ne renferment pas certains acides aminés, ni certains éléments minéraux en quantités suffisantes, notamment Cl, Na, Ca (Mc Collum, Osborne et Mendel); de plus, elles sont peu riches en facteur A et le Cobaye est précisément un animal très sensible au manque de cette vitamine (Tozer, Hume, Boock et Trévan, etc.). Le son de blé ou le foin ne complètent pas suffisamment le régime à base d'avoine (Chick et Hume); on doit, pour obtenir un résultat satisfaisant, ajouter encore une forte dose de lait [privé de C par chauffage (60 à $80^{cm^3}$)], ce qui présente alors de réels inconvénients, notamment constipation de l'animal.

La farine de soja, choisie par quelques auteurs américains comme base du régime, est, en France, rare et assez coûteuse, et elle renferme des hydrates de carbone en quantité relativement faible (24 pour 100) par rapport aux protéiques qu'elle contient au contraire en excès (54 pour 100).

Nous avons utilisé une autre graine de Légumineuses, le *haricot vulgaire*, qui forme la base de notre régime, ainsi que l'indique la formule à laquelle nous nous sommes arrêtés :

| | |
|---|---|
| Farine de haricots blancs | $84^{gr}$ |
| Levure de bière granulée | 3 |
| Graisse de beurre | 4,5 |
| Lactate de chaux | 5 |
| Chlorure de sodium | 1,5 |
| Papier filtre | 2 |

Mc Collum, Simmonds et Pitz (1917), après avoir étudié sur le Rat la valeur alimentaire du haricot, sont arrivés à la conclusion que l'usage de cette graine détermine, par suite de fermentations intestinales dues aux hydrates de carbone indigestes, une distension abdominale. Nous n'avons observé rien de semblable, ce qui peut s'expliquer déjà par le fait que, au lieu d'employer, comme les auteurs, des graines crues, nous avons eu soin de faire cuire pendant une heure notre farine de haricots (farine commerciale de bonne qualité) avec la quantité minima d'eau. Qu'il nous suffise de citer les expériences d'Osborne et Mendel (1917) qui prouvent nettement l'influence de la cuisson sur l'utilisation de la farine de soja.

Notre régime, très enrichi en eau après cuisson de la farine, se rapproche beaucoup, par sa composition, de la nourriture habituelle des petits herbivores. Nous avons vérifié pendant plusieurs mois qu'un mélange à parties égales de choux, carottes, pommes de terre et son, assurait à des Cobayes et à des Lapins une croissance normale. Un tel mélange renferme, pour $100^g$

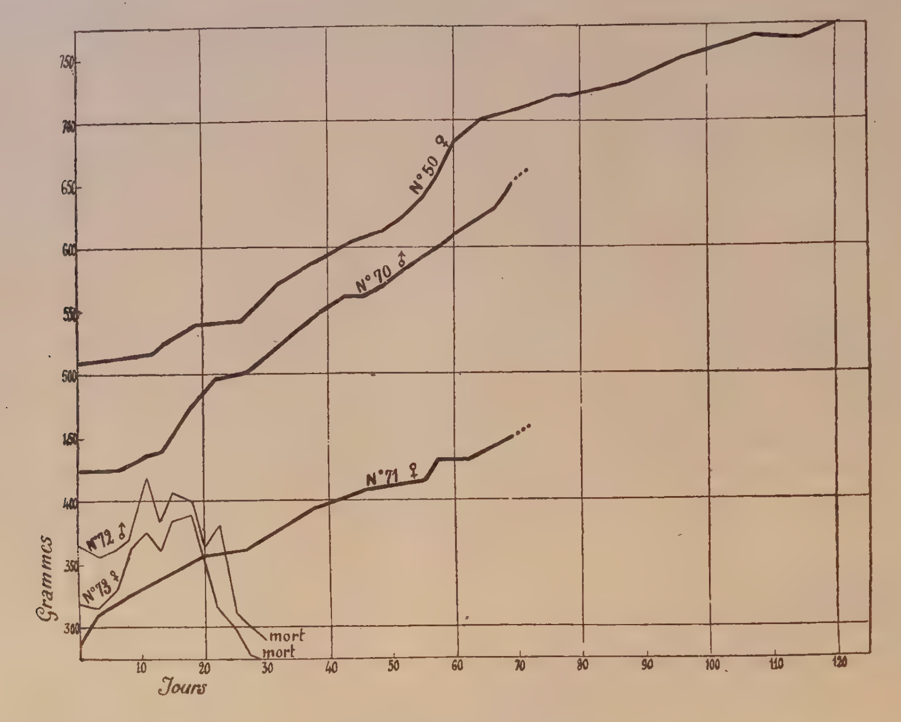
de substance fraîche, environ : $70^g$ d'eau, $5^g,5$ de protéiques, $1^g,3$ de graisses, $19^g,5$ d'hydr. de C et $1^g,5$ de cendres.

La farine de haricots que nous employons renferme, pour $100^g$ : $6^g,4$ d'eau, $20^g,9$ de protéiques, $1^g,6$ de graisses, $63^g,6$ d'hydr. de C et $3^g,4$ de cendres. Mais, après cuisson, sa composition centésimale devient la suivante : $66^g,5$ à $68^g,5$ d'eau, $6^g,6$ de protéiques, $0^g,5$ de graisses, $20^g,2$ d'hydr. de C et $1^g,1$ de cendres. On voit qu'à part les graisses, et aussi les sels, les proportions sont assez voisines de celles qui existent dans le régime : légumes frais + son.

La farine de haricots est dépourvue de facteur C, très riche en B (Mc Collum) et assez pauvre en A. Riche en protéiques, elle ne contient cependant que des traces de tryptophane. Abondamment pourvue de sels minéraux, de certains infiniment petits chimiques : Fe, As, B, Fl (Gabriel Bertrand), elle est peu riche en Na, très pauvre en Cl et le rapport $\frac{Ca}{P}$, égal à $\frac{0,16}{0,47}$, soit $\frac{1}{3}$ environ, est loin d'être favorable à la croissance. Nous avons donc ajouté, comme source de facteur A, de la graisse de beurre, qui enrichit en même temps le mélange en matières grasses. Quant à la levure de bière, nous l'avons introduite, non pas comme source de facteur B, mais parce qu'elle renferme les protéiques (cérévisine et zymocaséine) les plus riches en tryptophane (P. Thomas). Cette dernière substance exceptée, le haricot renferme tous les acides aminés nécessaires. Nous rappellerons que trois globulines furent isolées du *Phaseolus vulgaris* : la phaséoline, la phaséline et, tout récemment, la conphaséoline (Waterman, Johns et Jones, févr. 1923), la dernière extrêmement riche en lysine (10,69 pour 100). En même temps qu'une petite dose de NaCl, nous avons incorporé à notre régime une assez forte proportion de lactate de chaux, de manière à rapprocher le plus possible le rapport $\frac{Ca}{P}$ de la valeur $\frac{3}{2}$, particulièrement favorable à la croissance (Mc Collum, Simmonds, Shipley, Park, 1922). La bouillie épaisse et homogène que nous obtenons finalement renferme, pour $100^g$ : $68^g$ à $70^g$ d'eau, $6^g,1$ de protéiques, $1^g,75$ de graisses, $17^g,4$ d'hydr. de C et environ $2^g,5$ de cendres, ce qui représente une valeur énergétique de 104 *calories réellement utilisables*, soit, en chiffres ronds, 100 calories (1 calorie pour $1^g$ de ration).

Nous pouvons donc considérer que ce régime est complet, sauf en ce qui concerne le facteur C. Il a, de plus, l'avantage d'être relativement facile à

préparer. Depuis 8 mois que nous l'employons, l'expérience a prouvé sa valeur.




Les animaux qui ont reçu chaque jour cette ration, avec $3^{cm^3}$ de jus de citron (facteur C), ont eu une croissance normale (*Cobayes* $n^{os}$ 50, 70, 71). Tous les autres sans exception (*Cobayes* $n^{os}$ 72, 73, par exemple), après une croissance rapide et très courte, ont présenté les signes caractéristiques du scorbut, signes que nous avons vérifiés et étudiés à l'autopsie.

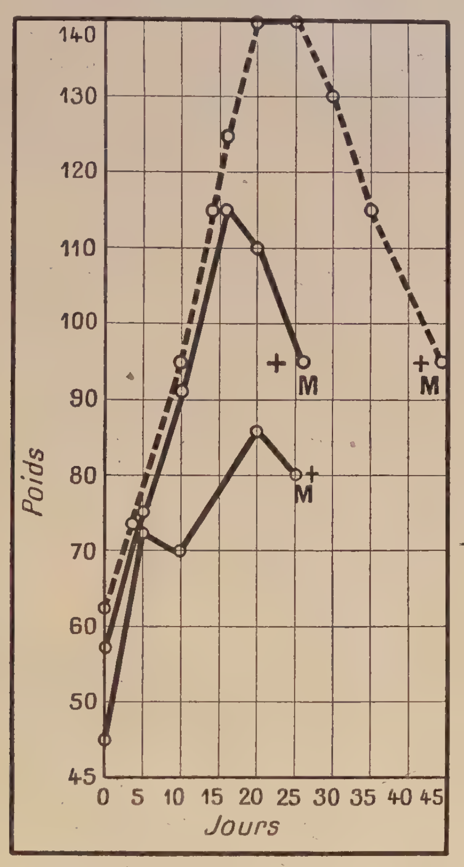
PHYSIOLOGIE. — *Passage dans le lait des vitamines C introduites par voie parentérale.* Note (1) de MM. **E. Lesné**, **Christou** et **Vaglianos**, présentée par M. Charles Richet.

Le lait, aliment vivant, renferme des ferments et des vitamines qui sont détruits par la stérilisation. La présence des vitamines C est facile à démon-

(1) Séance du 12 mars 1923.

trer en expérimentant sur le cobaye : le lait cru est antiscorbutique, tandis que le lait stérilisé est scorbutigène.

Les vitamines C passent dans le lait d'une femelle laitière, que la voie d'introduction soit entérale ou parentérale.




Courbe moyenne du poids du six jeunes cobayes. Chaque courbe se rapporte à deux cobayes. M indique le jour moyen de la mort.

——— Deux groupes de cobayes, de deux portées différentes, allaités par une femelle recevant des injections de vitamine C, et soumise à un régime avitaminé.

-------- Cobayes allaités successivement par deux femelles dans les mêmes conditions d'expérience. Chez ceux-là la vie est prolongée.

On voit que pendant les 15 premiers jours environ la croissance est régulière, les vitamines étant fournies dans le lait; mais au delà de ce temps, les cobayes en régime sans vitamines, et n'ayant plus le lait de leur nourrice, dépérissent et meurent.

Une femelle de cobaye pleine mise au régime avitaminé reçoit chaque jour une injection sous-cutanée de 3cm³ de jus d'orange; quinze jours après elle met bas trois petits de poids normal; à partir de ce moment les injections sont pratiquées dans le péritoine. Le dix-huitième jour, alors que la sécrétion lactée est sur le point de

disparaître et que les jeunes cobayes commençaient à présenter du gonflement et des douleurs des membres postérieurs, l'un deux est soumis à un nouvel allaitement par une autre femelle qui était au début de sa lactation et recevait un régime scorbutigène avec injections sous-cutanées de vitamines C.

Les deux petits allaités par leur mère et nourris simultanément avec des aliments stérilisés moururent le 25e jour de scorbut aigu typique. L'autre, au contraire, soumis à un second allaitement avec alimentation carencée, mourut de scorbut seulement le 44e jour.

Cette même expérience fut répétée sur trois autres jeunes cobayes et donna les mêmes résultats.

Si la survie n'a pas dépassé 44 jours, c'est qu'au bout de 44 jours, le jeune cobaye n'a plus trouvé de lait, ni le complément de vitamines C indispensables à la vie puisqu'il était soumis à un régime avitaminé. Ces expériences démontrent nettement que les vitamines C sont nécessaires au nouveau-né ; il les trouve dans le lait, et meurt de scorbut si le lait n'en contient pas ; ces vitamines du lait, les femelles soumises au régime carencé en peuvent donner au nourrisson si on les injecte à la mère par voie parentérale.

Ces faits comportent une déduction pratique importante : le régime des nourrices doit comprendre des aliments crus, en particulier des fruits, oranges et citrons, riches en vitamines C. Si, pour une raison quelconque, la nourrice n'en peut pas prendre, les jus de fruits crus doivent être donnés au nourrisson ; *a fortiori*, seront-ils un complément indispensable et précoce dans l'allaitement artificiel afin d'éviter l'apparition de l'anémie et du scorbut.

## PHYSIOLOGIE. — *Les contractions rythmiques des Vorticelles.* Note de M. E. Fernandez Galiano, présentée par M. F. Mesnil.

En dehors de quelques données éparses dans des publications relativement anciennes, nous trouvons des analyses circonstanciées des réactions des Vorticelles vis-à-vis des excitants extérieurs dans des travaux de Hodge et Aikins [1], de Jennings [2] et de Rœssle [3]. Plus tard, Lapicque et Fauré-Frémiet [4] publièrent une Note sur l'excitabilité électrique de la

---

(1) C.-F. Hodge and H.-A. Aikins, *Amer. Journ. of Psychology*, t. 6, 1895.

(2) H.-S. Jennings, *Amer. Journ. of Physiology*, t. 8, 1902.

(3) E. Rœssle, *Zeitschr. f. allgem. Physiologie*, t. 2, 1902.

(4) L. Lapicque et Fauré-Frémiet, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 74, 1913.

Vorticelle, et, plus récemment, Danisch ([1]) étudia, dans un Mémoire détaillé, les réactions de *Vorticella nebulifera* pour plusieurs excitants mécaniques et physiques. J'ai voulu multiplier les données fournies par ces auteurs par rapport à *Vorticella* et j'ai étudié les contractions rythmiques, c'est-à-dire, à des intervalles courts et plus ou moins réguliers, chez les Vorticelles soumises à l'influence de certains excitants mécaniques.

J'ai obtenu ces contractions en me servant d'excitants mécaniques variés (manipulations nécessaires pour monter la préparation sous le microscope; nombreux coups discrètement énergiques frappés sur le porte-objet; courants liquides dans le milieu où vivent les Infusoires). Par l'influence d'un quelconque de ces facteurs mécaniques, les animaux, qui demeuraient en repos parfait, se contractent rythmiquement et continuent à se contracter quand même le stimulant initial a cessé depuis longtemps d'agir, c'est-à-dire que la première contraction d'une série rythmique est provoquée par un agent mécanique extérieur, tandis que les autres peuvent être regardées comme spontanées, dans le sens ordinaire du mot.

La durée de la série de contractions et les intervalles entre les contractions successives ne sont pas toujours les mêmes pour tous les individus. Le seul trait général à tous ces individus, c'est leur faculté de se contracter rythmiquement, immédiatement après les excitations mécaniques d'intensité et de durée *ad hoc*.

Voyons maintenant le développement d'une série de contractions rythmiques en observant une Vorticelle qui se contracte aussitôt après le montage de la préparation. L'individu, en se contractant, demeure le pédoncule tordu en tire-bouchon et la tête tout à fait fermée : cette contraction est immédiatement suivie de l'allongement du pédoncule; mais la tête est toujours contractée, fermée, et ses cils complètement immobiles. A des intervalles de quelques secondes, ces faits se répètent plusieurs fois jusqu'à un moment donné où, après allongement du pédoncule, les cils pharyngiens commencent à vibrer faiblement et lentement, tandis que la tête commence à s'entr'ouvrir. Désormais, à chaque allongement du pédoncule, correspond un mouvement d'expansion progressive de la tête et une augmentation du nombre des cils en vibration jusqu'à ce que la tête soit tout à fait béante et les cils tous en vibration, c'est-à-dire que la Vorticelle revienne à son état normal.

---

([1]) F. Danisch, *Zeitschr. f. allgem. Physiologie*, t. 19, 1921.

Désignons par les lettres *a*, *b*, *c*, *d*, ..., *z* les phases successives de l'expansion de la tête et le nombre de cils en vibration, tandis que le pédoncule est étiré, en appelant *a* la phase de fermeture complète de la tête et de parfaite immobilité des cils, et *z* la phase béante, avec vibration générale des cils. Si nous observons alors les effets de la contraction d'une Vorticelle lorsqu'on frappe légèrement sur le porte-objet, ou bien lorsque la Vorticelle se trouve choquée par un autre infusoire, etc., nous pourrons constater que la tête, complètement fermée lors de la torsion du pédoncule, s'ouvre petit à petit jusqu'à devenir complètement béante, tandis que les cils, alors en repos parfait, commencent leur vibration, les pharyngiens d'abord et le reste après, étant tous en vibration quand la tête est tout à fait ouverte. C'est-à-dire que la tête présente, dans l'espace de quelques secondes, toutes les phases de l'expansion, depuis *a* jusqu'à *z*.

Quand la contraction appartient à une série rythmique, l'expansion de la tête a lieu de la même façon, mais sans attendre sa complète ouverture, puisque l'animal se contracte encore avant d'arriver à la phase *z* et la tête revient donc à la phase *a*. Chaque contraction de la série rythmique a lieu lorsque la tête parvient à présenter le même degré d'expansion atteint après la contraction antérieure ou bien un degré plus avancé : c'est-à-dire que si une Vorticelle, après s'être contractée une première fois, répète 25 fois ses contractions avant d'atteindre son plus haut degré d'ouverture, sa tête présentera la phase *b* après la première contraction, la phase *c* après la deuxième, *d* après la troisième, jusqu'à son suprême degré d'ouverture (phase *z*). Il résulte donc que la complète expansion de la tête a lieu, dans une série rythmique, par des bâillements progressifs, tandis que l'expansion complète provenant d'une contraction isolée a lieu tout d'un coup [1].

Bien souvent le développement d'une série rythmique n'est pas sans quelques mouvements régressifs dans l'expansion de la tête. En effet, on observe parfois qu'un individu commence une série de contractions rythmiques de la façon que nous venons de décrire, c'est-à-dire que sa tête arrive à la phase *b* d'expansion après la première contraction, qu'elle arrive à la phase *c* après la deuxième, etc. ; mais, au lieu de continuer ainsi jusqu'à l'expansion complète de la tête, il est un moment où celle-ci, après une contraction n'importe laquelle, ne s'ouvre pas suffisamment pour arriver à

---

(1) Fernandez Galiano, *Observaciones sobre la contractilidad de « Vorticella »* (*Bol. de la Real Soc. españ. de Hist. nat.*, t. 22, 1922).

la phase d'expansion correspondante (la même phase ou une autre plus avancée que la précédente), mais qu'elle s'arrête à une phase moins avancée que celle dernièrement acquise.

Bref, mes expériences prouvent l'existence dans la Vorticelle d'une série de contractions rythmiques déterminée par des excitants mécaniques, pouvant être pris pour instantanés, attendu que le temps de leur durée est bien plus court que celui de la série de contractions rythmiques qu'ils provoquent. On comprend aisément que ces contractions, si l'on ne tient pas compte des facteurs produisant la série, ont parfaitement l'air d'être spontanées, puisqu'elles ont lieu sans l'intervention *immédiate* d'excitant.

CYTOLOGIE. — *Sur l'imitation des plasmodies et des structures chromatiques avec le silicate de sodium noirci par le noir d'ivoire et des gouttes d'alcool en diffusion.* Note [1] de **M. A.-L. Herrera.**

Ainsi que j'ai dit dans une Note précédente, la diffusion de gouttes d'alcool sur du collodion noirci faisait prévoir des résultats remarquables par suite du perfectionnement de la technique. En effet, si au lieu de collodion on utilise le silicate de sodium sirupeux noirci par le noir d'ivoire et si l'on y fait diffuser des gouttes d'alcool absolu, on obtient de remarquables imitations des plasmodies, des cellules, des noyaux, des structures chromatiques d'une grande finesse. Les plasmodies montrent des mouvements de peu de durée et une tendance à se raccourcir. Les structures se conservent assez bien sur le carton après lavages par alcool faible, pour enlever les traces d'alcali.

On prépare ainsi des images de noyaux avec leurs chromosomes, grossies en moyenne 4000 fois, avec une des substances les plus vulgaires dans la nature, le silicate alcalin se trouvant dans un grand nombre de roches et sans avoir besoin des nucléoprotéines cellulaires compliquées et organiques.

Sur le bord des gouttes obtenues avec du silicate dilué et de l'alcool absolu, les courants de diffusion produisent des filaments semblables à des chromosomes linéaires, par une espèce d'enroulement des particules coagulées et du charbon. Peut-être, dans les noyaux naturels, des diffusions

---

[1] Séance du 3 avril 1923.

très délicates amènent-elles les mêmes résultats? Avec les alcalis, ces structures subissent une espèce de karyolyse.

Avec des solutions très diluées et en superposant des gouttes d'alcool et de silicate, on produit une imitation des plus fines structures microscopiques et macroscopiques.

HISTOLOGIE. — *La minéralisation des coupes histologiques par calcination et son intérêt comme méthode histochimique générale.* Note de M. **A. Policard**, présentée par M. Roux.

En histochimie, aux deux problèmes fondamentaux de la détection qualitative et de l'appréciation quantitative, se superpose un troisième problème, celui de la localisation topographique. Il n'est pas suffisant, par exemple, de savoir s'il existe du fer dans un organe, ni en quelle quantité; il est aussi nécessaire de préciser où se trouve ce métal, dans cet ensemble hétérogène de cellules diverses et de substances interstitielles qui constitue un organe. C'est cette notion de localisation topographique qui caractérise l'histochimie.

J'ai pu, en ces dernières années, me rendre compte de l'intérêt que peut présenter, au point de vue de l'étude histochimique des tissus, la technique qui consiste à obtenir, par calcination méthodique, une image du squelette minéral des coupes histologiques. Après une telle calcination, les cendres de la coupe, demeurées sur place sur la lame porte-objet, conservent le dessin général de la préparation. Ainsi sont rendues possibles l'étude chimique des cendres et leur localisation histologique précise.

A ma connaissance, la calcination des coupes n'a été employée jusqu'ici que d'une manière accessoire. En botanique, elle a été utilisée par E. Naumann [1] pour étudier les cystolithes des Acanthacées et des Urticacées et par H. Molisch [2] dans ses recherches sur les dépôts de chaux et de silice chez les végétaux.

En histologie zoologique, d'autre part, Marcel Prenant l'a utilisée pour démontrer la nature calcaire des rhabdites des Turbellariées. Mais dans toutes ces recherches, la calcination ne semble avoir été envisagée que comme une

---

(1) E. Naumann, *Mikrotekniska Notiser*, 1915, p. 49 (cité par Molisch).

(2) H. Molisch, *Aschenbild und Pflanzenverwandschaft* (*Sitzungb. d. Akad. d. Wiss. i. Wien*, Abt. I, 129, 1920).

simple réaction microchimique. Il ne paraît pas qu'on ait saisi l'intérêt très grand que cette méthode présente en histochimie comme méthode générale de détection, d'appréciation quantitative et de localisation des substances minérales dans les tissus.

Or cette technique, de mise en œuvre très simple, peut rendre de grands services en histochimie en permettant la localisation précise des éléments minéraux fixes des tissus. Cette localisation se fait d'une façon très exacte par comparaison avec des coupes identiques de la même pièce, traitées par les méthodes habituelles de l'histologie.

La calcination libère chimiquement les éléments minéraux en les immobilisant topographiquement à la place qu'ils occupent dans le tissu vivant. Elle permet donc simultanément la localisation et la caractérisation chimique, par les techniques habituelles de l'analyse minérale, des divers éléments fixes qui entrent dans la composition des tissus.

Depuis plusieurs années (¹) et sans connaître les travaux cités plus haut, j'ai eu l'occasion de préciser, par une série de tâtonnements, les meilleures conditions de mise en œuvre de cette méthode. La présente Note est consacrée à leur exposé.

Les organes doivent, bien entendu, être fixés par des réactifs n'apportant pas avec eux des éléments minéraux, ni des substances (acides par exemple) susceptibles au contraire d'en enlever aux tissus; les meilleurs fixateurs sont le formol ou l'alcool, bien neutralisés.

Les coupes, faites par congélation ou à la paraffine, sont étalées sur lames et soigneusement séchées. Après cette dessiccation complète, indispensable pour éviter la rétraction des coupes, la lame porte-objet est placée dans un petit four électrique, constitué par un tube de quartz fondu, de $30^{mm}$ de diamètre et de $15^{c}$ à $20^{cm}$ de long, autour duquel est enroulé un fil de platine ou, plus économiquement, d'un fil d'un de ces alliages inoxydables et peu fusibles employés dans la construction des radiateurs électriques. Cette spirale résistante, dont la longueur doit varier avec le diamètre, est entourée extérieurement d'un manchon de toile d'amiante. Par deux bornes, ce fil résistant est intercalé dans le circuit électrique du laboratoire. Un rhéostat convenable permet de graduer la température.

Dans le tube de quartz, la lame portant la coupe doit reposer sur une plaque de platine ou plus simplement de porcelaine dégourdie, un peu plus grande que la lame.

Une inclinaison légère du tube permet d'obtenir un tirage léger et une circulation

---

(¹) J'ai présenté un court exposé oral de cette méthode à la 16ᵉ Réunion de l'Association des Anatomistes, Paris, 1921. Cet exposé n'a pas donné lieu à insertion dans les *Comptes rendus* du Congrès.

d'air très douce qui active l'incinération. Cette pratique rend inutile l'emploi d'oxygène.

Les règles habituelles de la technique de l'incinération doivent être suivies. La température, élevée graduellement, ne doit jamais dépasser le rouge sombre avant calcination complète. Après un séjour d'une dizaine de minutes à cette température, la coupe est réduite à ses éléments minéraux. Ceux-ci, demeurés sur place, conservent avec fidélité le dessin de la coupe.

Les cendres n'adhèrent pas au verre. Une friction légère les enlève. Si, au contraire, la température a été plus élevée et a amené un ramollissement du verre de la lame, les cendres sont incorporées à la substance de celle-ci. Elles sont devenues indélébiles; le frottement ne peut les enlever. Cette façon de faire peut être utile pour certaines réactions chimiques.

Si la température a dépassé le rouge sombre avant l'incinération complète, des éléments encore charbonneux sont incorporés au verre de la lame; ils ne peuvent plus être réduits en cendres.

Cette méthode, d'emploi facile, paraît susceptible de rendre de grands services en histochimie.

ENTOMOLOGIE. — *L'évolution de l'appareil copulateur dans le genre* Choleva *Latr*. Note de M. René Jeannel, présentée par M. E.-L. Bouvier.

J'insistais ici, il y a un an [1], d'un point de vue général, sur la nécessité absolue de faire des revisions complètes de groupes, avec étude des caractères sexuels, avant d'aborder toute étude biogéographique sur les Coléoptères. On n'en pourrait certes pas donner de meilleure démonstration que celle qui est fournie par le genre *Choleva* Latr. de la famille des *Silphidæ* [2]. Chez les espèces de ce genre en effet l'organe copulateur, tant mâle que femelle, est très différencié; il m'a été possible d'en suivre l'évolution dans les lignées d'espèces et d'établir ainsi avec assez de précision la généalogie des formes actuelles. Je me propose dans cette Note de retracer le mécanisme de l'évolution de l'appareil copulateur, tel que j'ai pu le constater chez les *Choleva*.

---

[1] R. Jeannel, *La variation des pièces copulatrices chez les Coléoptères* (*Comptes rendus* t. 174, 1922, p. 324).

[2] La « Revision des *Choleva* Latr. » paraîtra incessamment dans l'*Abeille*, vol. 32.

On sait que le sac interne de l'organe copulateur mâle (*loc. cit.*, p. 324) se vide de son contenu en se retournant comme un doigt de gant ; ce retournement s'opère sous l'action de la gaine musculeuse qui entoure la base du sac. Des phanères simples ont dû tout d'abord se développer sur les parties de la paroi interne du sac subissant des pressions ou des frictions, soit du fait des sclérites femelles, soit du fait de la circulation du sperme. De petits plis de l'épiderme se sont produits, leur bord libre s'est chitinisé, donnant naissance à de petites écailles orientées dans la direction des efforts, ensuite sous l'influence persistante des mêmes causes, ces écailles sont devenues des dents, puis des épines. Celles-ci, d'abord toutes semblables, se sont spécialisées à leur tour.

Tout d'abord il s'est formé dans la partie évaginable du sac interne quatre bandes longitudinales d'épines venant en contact pendant la copulation avec les quatre sclérites encore non évolués du segment génital femelle. D'autre part, le trajet du sperme dans la partie basale du sac a déterminé une profonde gouttière ventrale, dont les bords saillants se sont garnis d'épines. Le sac interne des *Ch. agilis*, *Ch. Barnevillei*, *Ch. oblonga* sont encore à ce stade archaïque.

Chez les espèces plus évoluées, on voit que les épines de la région basale du sac interne se spécialisent pour former des appareils propulseurs de la masse spermatique, tandis que celles de la partie apicale, se retournant en doigt de gant, se modifient pour opérer la copulation externe, c'est-à-dire l'ouverture des voies génitales femelles. Deux régions de fonctions différentes se trouvent donc différenciées dans le sac interne.

L'évolution de la région basale semble s'être faite la première ; elle ne s'est faite que dans un petit nombre de directions. Elle a abouti à la production de phanères composées de formes compliquées, mors d'étau, valves, spatules dentelées, pièces disposées par paires et jouant manifestement le rôle de propulseurs du sperme. On s'explique assez mal la cause réelle des diverses orthogénèses qui ont abouti à la formation de types aussi différents les uns des autres. En tout cas, le même type d'armature basale se retrouve dans chaque lignée d'espèces et ces types constituent d'excellents caractères de filiation.

Les phanères de la partie apicale du sac, au contraire, ont évolué à des degrés divers et de façon différente suivant les espèces. L'une de ces phanères est particulièrement intéressante, c'est la grosse dent ventrale évaginable qui existe chez presque toutes les espèces. Cette dent ventrale a pris

naissance aux dépens de deux rangées d'épines convergentes vers l'apex. Il est facile d'en suivre l'évolution orthogénétique en comparant les divers types plus ou moins perfectionnés des espèces connues. Cette transformation de rangées d'épines en dent unique et l'évolution de cette dernière se sont faites sous l'action des pressions contre la face intérieure du tergite génital femelle; pendant la copulation la dent ventrale du mâle vient soulever et écarter le tergite et s'est modelée sur lui. Mais pendant que ce dernier provoquait ainsi des modifications de forme de la dent du mâle, luimême a subi, du même fait, des changements de forme, s'allongeant et se rétrécissant, se creusant en gouttière. Il est facile de constater que l'évolution de la dent ventrale du mâle et celle du tergite génital femelle ont eu lieu corrélativement, par pressions réciproques, la forme de la dent du mâle étant adaptée à celle du tergite femelle, un peu comme une clef est adaptée à sa serrure, suivant l'expression de Léon Dufour. La dent du sac interne du mâle et le tergite génital de la femelle fournissent donc d'excellents caractères pour séparer les espèces dans le genre *Choleva*.

Quant aux variations de forme du sommet de l'organe copulateur mâle, elles semblent être du même ordre que celles des trochanters et des tarses; ce sont des « ornements sexuels » qui doivent relever des mêmes causes internes que tous les caractères sexuels secondaires. Elles n'ont guère de valeur phylogénique et permettent seulement de caractériser les espèces. Ces conformations particulières du sommet de l'organe copulateur mâle sont naturellement en corrélation avec des dispositions correspondantes du segment génital femelle qu'elles ont produites par contre-coup. C'est ainsi que, lorsque le sommet de l'organe copulateur mâle est grêle, les parties sternales de la femelle sont membraneuses; lorsqu'il est large, soit bifide (*Ch. nivalis, Ch. Doderoi*), soit mousse (*Ch. Jeanneli*), les parties sternales du segment génital femelle sont fortement chitinisées. En voyant le large sclérite ventral du segment génital femelle du *Ch. angistrina*, on est en droit de supposer que le sommet de l'organe copulateur du mâle, encore inconnu, doit être large et peut-être même bifide.

On voit donc que chez les *Choleva* les caractères sexuels, aussi bien chez les mâles que chez les femelles, permettent de bien définir les espèces. De plus, des types particuliers d'armature basale du sac interne caractérisent nettement des lignées d'espèces. Il est bien entendu que ces caractères génitaux ne sont pas les seuls à définir ces lignées; des caractères externes portant sur la sculpture, la pubescence, les formes extérieures leur sont parti-

culiers. Mais on est obligé de constater que trop souvent les caractères tirés de la forme extérieure sont infidèles, car ils se reproduisent parfois par convergence dans des lignées phylétiquement très différentes.

ŒNOLOGIE. — *Sur la préparation du vin par fermentation continue; sélection des ferments par l'alcool déjà formé.* Note de M. **Lucien Semichon**, présentée par M. L. Lindet.

Les jus de raisin apportent avec eux des micro-organismes très variés qu'on peut classer en quatre groupes :

1° Les *levures elliptiques* (*Sacch. ellipsoïdeus*), qui poussent au plus loin la transformation des sucres en donnant un rendement d'alcool maximum, avec une sapidité et des bouquets agréables.

2° Les *levures sauvages* et les *levures apiculées* (*Sacch. apiculatus*), qui ne poussent la fermentation que vers 5°, avec un rendement en alcool moindre et qui engendrent des goûts sauvages et défectueux.

3° Les *cellules vulgaires* (*Dematium*, mycolevures, spores de cryptogames), qui brûlent les sucres en donnant très peu d'alcool, qui engendrent des produits de mauvaise odeur et de mauvais goût et qui font souvent disparaître les goûts de fruit caractéristiques des divers cépages.

4° Les *bactéries diverses*, qui causent les maladies des vins en détruisant à leur manière les sucres, l'alcool ou d'autres éléments constitutifs.

Les travaux de Pasteur, Martinand et Rietch, etc., ont montré que les cellules vulgaires et les levures sauvages et apiculées pullulent dans les jus naturels et que les levures elliptiques sont rares. Ils ont montré aussi que les levures apiculées se développent à l'exclusion presque des levures elliptiques dans les premières phases de la fermentation spontanée des jus de raisin. Ce n'est qu'ensuite qu'elles disparaissent et que les elliptiques se multiplient.

C'est donc dans les premières phases des fermentations vinaires que les micro-organismes indésirables introduisent dans les vins les défauts qui sont les témoins persistants de leur action.

Dans la pratique œnologique, on a obtenu des résultats favorables aux levures de choix, en évitant les températures élevées qui facilitent les bactéries et en pratiquant le sulfitage des moûts. Ce dernier procédé contribue surtout à éliminer les bactéries, mais il ne s'oppose pas à l'action des cellules vulgaires et n'opère qu'une sélection imparfaite entre les levures

elliptiques et les levures sauvages et apiculées. L'emploi des levures sélectionnées peut apporter une amélioration très sensible, mais ne donne des résultats parfaits qu'avec la stérilisation préalable des moûts, opération économiquement impraticable.

L'alcool, dans certaines conditions, est un agent de sélection plus efficace qui entrave le développement des cellules vulgaires et des levures apiculées et sauvages et affranchit par suite le vin obtenu des défauts causés par ces micro-organismes.

Nous avons vérifié que ces micro-organismes ne se développent pas si on les introduit dans un moût contenant déjà 5 pour 100 d'alcool provenant d'une fermentation amorcée avec des levures elliptiques. Ils tombent au fond du récipient d'où l'on peut les extraire.

En pratique, l'addition d'alcool aux moûts n'étant pas autorisée sauf dans la préparation des vins de liqueur, c'est la *fermentation continue* qui permet de mettre en jeu le rôle précieux de l'alcool comme agent de sélection des ferments.

La fermentation continue consiste à introduire du moût vierge, à une vitesse constante, dans un récipient contenant du moût en pleine fermentation, sous l'action d'un pied de cuve de levures choisies. Du moût mi-fermenté en est extrait en quantité égale au moût vierge introduit, et la fermentation s'achève ensuite dans une autre cuve quelconque.

L'activité de la fermentation est toujours à son maximum;

Le rendement en alcool est maximum par rapport au sucre détruit;

La température se règle à volonté en réglant celle du moût introduit;

La chute de densité s'établit en raison inverse de la vitesse d'extraction;

Elle peut être maintenue constante en réglant cette vitesse;

Un robinet de purge et un déversoir permettent d'éliminer les dépôts et les mousses.

Ce procédé est déjà appliqué dans l'industrie de la distillerie de betteraves où l'on ne recherche que le rendement en alcool et où l'on n'a pas à s'inquiéter des qualités organoleptiques des produits obtenus.

Nous l'avons appliqué à la préparation des vins blancs, des vins rosés, des vins doux ou moelleux et des vins de liqueur et nous l'avons introduit dans la préparation des vins rouges. Il est applicable aux cidres et en général à la préparation des boissons fermentées.

Par suite de l'élimination des micro-organismes nuisibles, ce procédé apporte, en sus des avantages recueillis dans l'industrie de la distillation des betteraves, des avantages beaucoup plus précieux en donnant, même

avec les cépages courants du Midi, des vins qui n'ont plus, ni rudesse, ni terroir, tendres, et possédant de la finesse et du fruité qui en augmentent la valeur marchande.

Au laboratoire, la fermentation continue dans un milieu à température constante et à richesse constante en sucres et en alcool permet l'étude plus précise des propriétés des diverses variétés de levures elliptiques. Dans la plupart des travaux antérieurs sur ce sujet, la variation continue des sucres et de l'alcool au cours d'une même fermentation était une cause de trouble d'autant plus importante que les sucres et l'alcool se classent parmi les éléments dont l'action est la plus grande sur les cellules des levures.

Ce ne sont pas les mêmes variétés de levures elliptiques qui possèdent le pouvoir ferment le plus élevé dans un moût à 5, à 8, à 10, à 12 ou à 14 pour 100 d'alcool. Les produits secondaires de la fermentation, glycérine, acide succinique, acides gras volatils, alcools supérieurs, sont élaborés en quantité variable suivant la teneur en alcool du milieu dans lequel s'effectue la fermentation continue. Toutes les autres propriétés des levures peuvent être révisées en tenant compte des variations des deux facteurs sucre et alcool. Le choix des levures devant servir à amorcer la fermentation continue dans chaque cas particulier sera heureusement éclairé ainsi par la connaissance plus approfondie de leurs propriétés.

« Nos expériences ont porté sur des raisins de grenache dans les caves de la Société des vins de Banyuls naturels pour la préparation des vins de liqueur. Industriellement, avec un appareil à fermentation continue de $650^l$, marchant à la vitesse de $150^l$ à $200^l$ à l'heure, soit environ 35 hectolitres par jour, nous avons préparé des vins rosés d'Aramon, des vins blancs secs ou moelleux de Terret-Bourret et des vins rouges. »

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Dépression barométrique et choc anaphylactique.* Note de MM. **Auguste Lumière** et **Henri Couturier**, présentée par M. Roux.

Losque des cobayes ont été sensibilisés au moyen d'ovalbumine, on peut régler la dose déchaînante pour que la mort survienne en 4 ou 5 minutes ; les accidents débutent alors 1 minute et demie environ après l'injection intracardiaque.

Si l'on profite de ce délai pour introduire les animaux traités sous une

cloche dans laquelle on abaisse rapidement la pression de $30^{cm}$ à $40^{cm}$ de mercure, on constate que le choc anaphylactique est atténué, parfois même supprimé et que la plupart des cobayes survivent, alors que les témoins, laissés à la pression normale meurent presque tous.

Voici d'ailleurs une expérience dans laquelle nous avons réuni les conditions qui nous ont paru les plus favorables pour réaliser l'atténuation du choc. Cette expérience a porté sur 45 cobayes mâles ; nous avons éliminé les femelles qui peuvent troubler les résultats, à cause de l'immunité que présentent celles qui sont en état de gestation ([1]).

Sur 20 cobayes pris comme témoins, 17 sont morts quelques minutes après l'injection déchaînante et les 3 autres ont présenté un choc extrêmement grave. (Mortalité, 85 pour 100.)

Les 25 autres cobayes du même lot ont été successivement mis sous la cloche à vide, aussitôt après avoir reçu l'injection intracardiaque d'antigène ; la chute de pression de $40^{cm}$ de mercure a été obtenue en 8 à 10 secondes et maintenue constante, avec renouvellement de l'air, pendant 6 minutes, puis le retour à la pression normale a été effectué, en quelques secondes, au bout de ce temps.

A la suite de ce traitement, 8 cobayes sont morts sous la cloche, 14 ont présenté un choc assez sévère ; parmi ceux-ci 12 ont survécu et 2 sont morts ultérieurement. 3 n'ont eu que des troubles très légers. (Mortalité immédiate, 32 pour 100).

Cette expérience a été répétée plusieurs fois, sur 160 animaux au total, en faisant varier les conditions de dépression et de temps. La statistique globale de ces essais nous a montré que la mortalité chez les témoins a dépassé 80 pour 100 tandis qu'elle n'a pas atteint 40 pour 100 chez les animaux soumis à la dépression.

Pour découvrir la cause de cet effet antianaphylactique, nous nous sommes reportés aux recherches de Dastre et Morat ([2]) : ces auteurs ont observé que des animaux soumis à la dépression, dans un courant d'air, ne présentaient aucun trouble vaso-moteur tant que la chute de pression n'atteignait pas $30^{cm}$ de mercure, l'augmentation de l'amplitude des mouvements respiratoires et l'accélération de leur rythme assurant l'hématose

---

([1]) Auguste Lumière et Henri Couturier, *Résistance des femelles en gestation aux chocs anaphylactiques et anaphylactoïdes* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 495).

([2]) Dastre et Mora, *Recherches expérimentales sur le système nerveux vasomoteur*, Masson, Paris, 1884.

et compensant le défaut d'oxygène, mais lorsque le vide relatif était poussé plus loin, on constatait une dilatation des capillaires des téguments et une constriction des vaisseaux viscéraux.

Or ces troubles vaso-moteurs sont exactement inverses de ceux du choc anaphylactique qui s'accompagne d'hyperhémie considérable des organes splanchniques en même temps que la circulation cutanée se trouve considérablement ralentie.

On comprend alors que ces deux effets antagonistes puissent se compenser dans une certaine mesure.

Dastre et Morat ont encore montré que les modifications vaso-motrices dues à l'asphyxie par dépression n'étaient pas constantes et comportaient des exceptions, notamment lorsque les expériences portaient sur des sujets en période digestive; la congestion gastro-intestinale résultant de la digestion peut, effectivement, contre-balancer la vaso-constriction consécutive à l'abaissement de la pression.

Nous avons remarqué aussi que l'effet antianaphylactique de la dépression suit les mêmes règles et qu'il est plus fréquent lorsqu'on opère sur des cobayes à jeun.

Ces expériences apportent une confirmatiou de plus aux nombreux faits antérieurement invoqués à l'appui de la théorie que nous avons donnée des phénomènes anaphylactiques ([1]).

## PATHOLOGIE. — *La loi de viviréaction en Pathologie.*

Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. Daniel Berthelot.

La biologie démontre que la viviréaction est un réflexe défensif de la vie normale des animaux supérieurs (homéothermes), garantissant la continuité des oxydations intra-cellulaires ([2]).

*Le domaine pathologique de la viviréaction.* — En passant à l'étude des phénomènes pathologiques, on s'assure que les *infections* et *intoxications* sont, en dernière analyse, des opérations *antioxydantes*, dont la marche asphyxique est lente ou rapide suivant les circonstances. Il faut

---

([1]) A. Lumière et H. Couturier, *Sur la nature du choc anaphylactique* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 294) et *Sur les rapports du choc anaphylactique avec l'introduction de précipités dans la circulation* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 461).

([2]) Jules Amar, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 111.

entendre par là que la viviréaction est d'autant plus efficace et salutaire que les centres nerveux sont en meilleur état de fonctionnement, et la nutrition plus active.

En d'autres termes, *la maladie tend à désoxyder les tissus*, et d'abord elle affaiblit leur nutrition, tandis que la viviréaction s'efforce de les ravitailler en oxygène. Ce dernier se trouve partiellement en réserve dans les *leucocytes*, dans les *cellules géantes*, lesquels ne se hâtent vers les tissus menacés qu'à titre d'éléments oxydants. C'est un véritable *tropisme*.

Les théories de *l'inflammation* et de la *phagocytose* seraient donc à revoir de ce nouveau point de vue de la viviréaction.

Avant d'examiner l'action pathogène en elle-même, nous remarquerons que le *médicament* a deux effets :

Ou bien neutraliser, tout au moins atténuer, l'agent toxique, infectieux ;

Ou bien stimuler la viviréaction défensive.

Si aucun de ces effets ne lui est reconnu, il n'est pas un médicament.

*Application à la fièvre.* — Les substances employées contre la fièvre, ou « antipyrétiques » présentent l'une ou l'autre modalité. Souvent, ce sont des antiseptiques nuisibles aux germes infectieux. Mais, en général, ils agissent comme antioxydants; elles font intervenir la viviréaction et accroissent l'intensité de l'oxydation cellulaire. La conséquence est une élévation de la température interne du corps. Or, dans ce cas, même si le milieu est froid, une augmentation de quelques dixièmes de degré suffit pour provoquer la *sudation* (Léon Frédéricq). L'hyperthermie agit sur les glandes sudoripares en excitant les centres nerveux.

Les antipyrétiques ont le pouvoir, chez les homéothermes, de déclencher la viviréaction, et, par elle, un puissant réflexe de *régulation physique* : la *Transpiration*, le « bain de vapeur ». Loin de contrarier la fièvre, ils l'exaltent jusqu'à la sudation; de sorte que la fièvre est un aspect de la viviréaction tempérée, limitée par la transpiration. L'oxygène qu'absorbent ainsi les fébricitants sert, d'une part à oxyder les toxines, et d'autre part à effectuer les combustions normales. Aussi le volume du gaz carbonique expiré est-il relativement *très inférieur* à celui de l'oxygène inspiré : le rapport du premier au second, ou *Quotient respiratoire*, se trouve nettement abaissé : 0,70 à 0,60, au lieu de 0,85 en moyenne.

*Un faible quotient respiratoire et une ventilation croissante, angoissée, sont les traits de la viviréaction en pathologie.*

L'empoisonnement ou l'infection ne sont graves que s'ils mettent en péril les mécanismes nerveux ; on ne peut suppléer à ceux-ci par l'intro-

duction d'oxygène artificiel dans les tissus, car il y manquera le travail physiologique, l'énergie appropriée des cellules vivantes.

Il faut, d'ailleurs, élargir la conception des « anticorps », et y comprendre les sécrétions à *effet chimique,* neutralisantes des toxines (foie, rate), et les sécrétions à *effet oxydant*. La loi de viviréaction exprime ce particulier aspect de l'équilibre physiologique rompu et cherchant à se rétablir. Elle est analogue à la loi si connue de Newton que « la réaction est égale à l'action », mais analogue seulement, attendu qu'en biologie une action infinitésimale peut provoquer une réaction extrêmement puissante ; l'allure du phénomène est hyperbolique.

Enfin, il y a une *accoutumance* de la cellule aux petites doses toxiques, par l'effet sans doute de la présence constante d'un anticorps neutralisant. Et puis la viviréaction manque dans l'organisme qui contient une toxine, un venin; c'est le cas des *serpents*. On peut se demander si l'absence d'oxydations énergiques et une moindre évolution du système nerveux ne contribuent pas à conférer quelque *immunité* à certains individus et à certaines espèces.

*Application à la tuberculose pulmonaire.* — En mesurant les échanges gazeux des tuberculeux, nous avions trouvé ([1]) un abaissement du quotient respiratoire aux environs de 0,65, et un accroissement de la ventilation. C'est l'état de défense bien caractérisé. Les *courbes tonographiques* (tracé de la pression des gaz dans les poumons) ont un aspect asphyxique. Et des évaluations on déduit aisément que *le tuberculeux emploie moins d'oxygène par kilogramme de poids de son corps que le valide, soit un rapport de* 5 *à* 7. Il est en état de dénutrition progressive.

La viviréaction est assez rapidement faussée chez le tuberculeux, car l'infection paralyse le rouage le plus utile. Tandis qu'elle peut s'opposer à d'autres infections, elle ne peut plus le faire quand il s'agit de la tuberculose : tous les animaux y sont exposés.

C'est donc à elle que revient la prophylaxie des organismes supérieurs. Et l'un de ses moyens, c'est la mise en œuvre de *l'oxygène leucocytaire*. Les globules blancs affluent dans le tissu menacé d'asphyxie, à moins qu'ils ne soient occupés par une autre défense (Bordet), ou que leurs réserves soient épuisées; dans ce dernier cas, il se produit un point de *moindre résistance physiologique*. L'expérience suggestive de Vincent, dite du « Phénomène d'appel », parle dans ce sens.

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 271.

Vincent injecte au flanc d'un cobaye de la *toxine* streptococcique, et au côté opposé du corps il injecte de la culture de bacille typhoïdique. Ce sont donc deux causes désoxydantes, mais la première plus agissante et en dose plus massive. Alors, en ce point mal défendu, les bacilles se portent de préférence et y cultivent. Il y a transfert du foyer infectieux vers la région asphyxiée. C'est ce qu'avait démontré Vincent.

*Conclusions.* — En résumé, la « loi de viviréaction » exprime l'acte de défense le plus puissant des organismes zoologiques les plus élevés. Elle en précise la nature en montrant que les facteurs nuisibles aux êtres vivants sont d'essence anti-oxydante ou asphyxique; ils tendent à paralyser les combustions cellulaires, c'est-à-dire la *Nutrition*, à laquelle se ramène au fond la résistance physiologique.

Le système nerveux, qui gouverne et règle admirablement les forces de résistance, réagit alors en stimulant la marche des rouages oxydants. Des incitations partent directement du bulbe vers les poumons, et augmentent la ventilation pulmonaire, la puissance de l'hématose. C'est par *chimiotropisme* que les leucocytes, avec leurs réserves d'oxygène, sont attirés aux points où les tissus manquent de ce gaz vital. Toxines, germes infectieux, alcool, surmenage, produisent ce même effet asphyxique, et se heurtent à la même vivìréaction prophylactique.

D'où l'on conclut que *l'intégrité des centres nerveux est l'arme par excellence de la défense normale de la vie.*

La séance est levée à $3^h 30^m$.

A. Lx.